

HAT EIN VEGETARISCHER LEBENSSTIL EINFLUSS
AUF DIE BLUTFLUIDITÄT?
EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG DER
BLUTFLIESSEIGENSCHAFTEN BEI VEGETARIERN

LUISA PIETSCH

~~1987~~

Dissbui. München

1988



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Klinik fuer Physikalische Medizin
der Ludwig-Maximilians-Universitaet Muenchen
(Direktor: Prof. Dr. med. E. Senn)

HAT EIN VEGETARISCHER LEBENSSTIL EINFLUSS AUF DIE
BLUTFLUIDITAET?

Experimentelle Untersuchung der Blutfliesseligenschaften
bei Vegetariern

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der medizinischen Fakultaet der
Ludwig-Maximilians-Universitaet zu Muenchen

vorgelegt von
Luisa Pietsch
aus
Trostberg

1987

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: *Priv.-Doz. Dr. med. E. Ernst*

Mitberichterstatter: *Prof. Dr. E. Lenn...*

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter:

Dekan: *Prof. Dr. W. Spann*

Tag der mündlichen Prüfung: *11.02.88.....*

Meinen Eltern und allen, die mich auf meinen
Umwegen in der Medizin fordernd und foerdernd
begleitet haben!

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
1.1. Geschichte des Vegetarismus	1
1.2. Vegetarische Ernährung und vegetarischen Lebensstil	4
2. GRUNDLAGEN DER HAEMORHEOLOGIE	9
2.1. Allgemeine physikalische Erläuterungen	9
2.2. Wichtige haemorheologische Parameter	15
3. PROBLEMSTELLUNG	20
3.1. Zusammenhänge zwischen kardiovaskulären Risikofaktoren und Haemorheologie	21
3.2. Zusammenhänge zwischen kardiovaskulären Risikofaktoren und Vegetarismus	28
4. MATERIAL UND METHODEN	31
4.1. Probanden	31
4.1.1. Vegetarier-Gruppe	31
4.1.2. Kontrollgruppe	36
4.2. Nicht-haemorheologische Methoden	37
4.2.1. Technik der Blutentnahme und -präparation	37
4.2.2. Routinediagnostik	38
4.3. Haemorheologische Methoden und Methoden-kritik	41
4.3.1. Blutviskosität	43

4.3.2.	Plasmaviskositaet	50
4.3.3.	Erythrocyten-Flexibilitaet	55
4.3.4.	Erythrocyten-Aggregation	61
4.3.5.	Haematokrit	66
4.4.	Statistische Verfahren	67
5.	ERGEBNISSE	68
5.1.	Vergleich Vegetariengruppe mit Kontrollgruppe	68
5.1.1.	Haemorheologische Parameter	68
5.1.2.	Nicht-haemorheologische Parameter	73
5.2.	Ergebnisse der Semi-Vegetarier-Untergruppe	79
5.2.1.	Haemorheologische Parameter	79
5.2.2.	Nicht-haemorheologische Parameter	81
5.3.	Vergleich Ovo-Lacto-Vegetarier-Untergruppe mit Kontrollgruppe	82
5.3.1.	Haemorheologische Parameter	82
5.3.2.	Nicht-haemorheologische Parameter	85
5.4.	Ergebnisse der Veganer-Untergruppe	87
5.4.1.	Haemorheologische Parameter	87
5.4.2.	Nicht-haemorheologische Parameter	89
5.5.	Vergleich der Untergruppen bezueglich haemorheologischer Parameter	91
6.	DISKUSSION	93

7.	ZUSAMMENFASSUNG	108
8.	SUMMARY	111
9.	LITERATUR	114
10.	ANHANG	133
DANKSAGUNG		135
LEBENS LAUF		136



1. EINLEITUNG

1.1. Geschichte des Vegetarismus

Der Ausdruck "vegetarian - Vegetari(an)er" stammt aus England. Dort entstand 1811 die erste Vegetarier-Vereinigung, "The Vegetarian Society". Auf der Suche nach einer befriedigenden Definition von "vegetarian" findet man in "The Advanced Learner's Dictionary of Current English" (1977): - person who, for humane or religious reasons or for his health's sake, eats no meat- .Dies kann jedoch nicht als akzeptable Arbeitsgrundlage ausreichen. Deshalb sei auf 1.1.2. verwiesen, wo ausfuhrlichere Erlaeuterungen zum Phaenomen Vegetarismus zu finden sind.

Die Urspruenge der vegetarischen Bewegung reichen weit zurueck. Meist werden Pythagoras und seine Schueler (6. Jahrhundert vor Christi Geburt) als Begruender des vegetarischen Gedankens genannt [83]. Auch Sokrates, Platon, Ovid, Epicur und Seneca sollen den Genuss von Fleisch gemieden haben [74]. Viele Philosophen und Religionen empfahlen Fleiscenthaltung, um die Seele reinzuhalten, den

Geist zu schärfen und Klarheit im Denken zu erreichen. So sind auch in der Bibel ursprünglich vegetarische Ernährungsverordnungen angegeben - "Deine Nahrung seien Früchte, Samen und Nüsse" [Genesis 1,29] -, die jedoch im Laufe der Jahrhunderte zahlreiche Modifikationen erfuhren [74].

In Deutschland wurde 1867 die erste vegetarische Vereinigung gegründet, der "Verein für naturliche Lebensweise". Dessen reformerische Ideen, die nicht nur die Ernährungsweise betrafen, waren um die Jahrhundertwende Gegenstand von heftigen Auseinandersetzungen zwischen Ärzten und engagierten Laien .

Heute sollen sich laut einer Infas-Umfrage vom Mai 1982 [130] 9% der Bevölkerung der BRD, das sind 5,4 Millionen, ganz oder zeitweise fleischlos ernähren, während eine Stichproben-Erhebung vom Sommer 1983 [131] 0.6% der Bundesbürger als Vegetarier bezeichnet. Ihr Interessensverband nennt sich seit 1973 "Bund für Lebenserneuerung". In seiner Zielsetzung bekennt er sich zu der folgenden Erklärung: "Der Vegetarismus ist die Lehre, dass der Mensch aus ethischen und biologischen Gründen ausschliesslich zum Pflanzenernährer bestimmt ist. Sein

staerkstes Motiv ist die Ueberzeugung, dass moeglichst kein Tier fuer die menschliche Existenz getoetet oder geschaedigt werden soll." [164]

Es waere jedoch unzutreffend, allen , die sich fleischlos ernaehren, diese ethisch-moralische Motivation zu unterstellen. Gibt es doch zunehmend mehr Menschen, die "nur" aus gesundheitlichen, wirtschaftlichen, politischen oder pragmatischen (z.B. Ausdauersportler) Gruenden kein tierisches Eiweiss zu sich nehmen. Aber auch fuer sie kristallisiert sich eine charakteristische Lebensweise heraus, die in der vorliegenden Arbeit kurz "vegetarischer Lebensstil" genannt wird und meist auf einem anderen Bewusstsein fuer Zusammenhaenge zwischen Nahrung und subjektivem Wohlbefinden basiert.

1.2. Vegetarische Ernährung und vegetarischer Lebensstil

Noch immer wird die Frage der vegetarischen Ernährung zwischen Befürwortern und Gegnern heftig diskutiert. Der Eifer etlicher Vegetarier, die ihre Art zu essen und zu leben als Patentrezept für alle problematischen Lebenslagen anpreisen, stösst manch eigentlich Interessierten zurück. Vegetarier unterscheiden sich von ihren Mitmenschen nicht nur durch ihren Speisezettel, in den sie möglichst naturbelassene, vollwertige Lebensmittel aufnehmen [98]. Sie trinken wenig oder keinen Alkohol und Kaffee und rauchen seltener als die sich "normal" ernähernde Durchschnittsbevölkerung [91]. Sie propagieren körperliche Arbeit und viel Bewegung in frischer Luft, was notwendigerweise den Einsatz für Schutz der Natur und Tiere und gegen Verschmutzung von Luft und Wasser und Erde mit sich bringt. Sie bevorzugen natuerliche Heilweisen für die (seltenen) Fälle von Krankheit, praktizieren aber insgesamt eine bewusst vorbeugende, gesunde Lebensweise. In letzter Konsequenz bedeutet all dies auch die aktive Teilnahme an der weltweiten "Friedensbewegung". (Zitat

von LEO TOLSTOI: "Solange es Schlachthaeuser gibt, gibt es auch Schlachtfelder.)

Um auf die angekuendigte, mehr ins Detail gehende Erklaerung des Begriffes Vegetarier zurueckzukommen, sei betont, dass auch eine Gleichsetzung mit "Pflanzenkoestler" oder gar "Rohkoestler" (wie in verschiedenen Lexikas angegeben) weder etymologisch richtig ist noch dem wirklichen Sachverhalt gerecht wird. Die Wurzel des Wortes stammt aus dem Lateinischen von vegetare = (be)leben, wachsen.

Vegetarische Kost ist dadurch charakterisiert, dass in ihr Fleisch, Fleischwaren (Wurst, Fleischextrakte), Fisch, Gefluegel, Schlachtfette - kurz Produkte vom toten Tier - nicht enthalten sind. Dagegen finden Milch und Milchprodukte, evt. auch Eier und Honig - also Produkte vom lebenden Tier - mehr oder weniger Verwendung. Wenn genuegend Milchprodukte und Eier verzehrt werden, ist der Naehrstoffbedarf ausreichend gedeckt [131]. Es kann sich lediglich schwierig gestalten, den taeglichen Eisenbedarf von 12 mg fuer Maenner und 18 mg fuer Frauen zu decken. Obwohl pflanzliche Lebensmittel zum Teil hohe Eisenkonzentrationen besitzen (siehe Tab. 1), gelten sie als schlechte Eisenlieferanten, da

3-wertiges Eisen daraus nur unzureichend resorbiert werden kann.

Tabelle 1: Gegenueberstellung des Eisengehaltes von tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln [nach 91]

Tierische Lebensmittel	Eisengehalt	Pflanzliche Lebensmittel
Kalbfleisch	3.0mg/100g	
Schweinefleisch	2.0mg/100g	
Rindfleisch	2.5mg/100g	
Leber	8.0-20.0mg/100g	
	4.6mg/100g	Haferflocken
	3.3mg/100g	Vollkornbrot
	12.0mg/100g	Sojamehl
	3.0-4.0mg/100g	Nuesse

Vitamin B12, das in pflanzlichen Produkten fehlt, sowie Vitamin D und Calcium nimmt der Ovo-Lakto-Vegetarier mit Eiern, Milch und Milchprodukten ausreichend auf (z.B. Vitamin B12-Gehalt in Milch 0.4ug/100g, in Quark 0.9ug/100g, in Kaese 1.2-3.1ug/100g, in Eiern 0.5-2.0ug/ Stueck). Die ovo-lakto-vegetabile Kostform laesst keinerlei Mangelercheinung befuerchten [130,131].

Anders verhaelt es sich mit den strengeren Vegetariern, die auch Produkte vom lebenden Tier ablehnen und sich folglich nur von pflanzlicher Kost ernaehren. Diese Veganer muessen sich sehr sorgfaeltig um die richtige Zusammensetzung ihrer Nahrung kuemmern, was eingehende Kenntnisse voraussetzt (die bei den hier untersuchten allerdings vorhanden waren). Bei ihnen besteht theoretisch die Gefahr einer Vitamin B12-Hypovitaminose. In der Praxis stellen sich aber trotz niedriger Plasmakonzentrationen nur selten Mangelercheinungen ein. Als Erklaerung dafuer wird eine Resorption von (durch die Flora des bakteriell besiedelten terminalen Ileums) synthetisiertem Vitamin B12 diskutiert [1,84]. Verschiedene Untersuchungen an veganischen Populationen konnten trotz der nur pflanzliches Eiweiss enthaltenden Kost keine Proteinunterversorgung feststellen [69,76]. Durch optimale Kombination koennen Veganer auch einer Unterversorgung mit Eisen, Calcium und Vitamin D wirksam vorbeugen.

Doch warum wurden die Untersuchungen dieser Arbeit gemacht? Schon in den fruehen Quellen des Yoga, dessen Anfaenge in die Zeit vor 5000-6000 Jahren datieren, wird davor gewarnt, nach dem Genuss von

Fleisch den Kopfstand zu machen [muendliche Ueberlieferung, SWAMI VISHNU DEVANANDA]. Yogis hatten wohl beobachtet, dass fleischlose Ernaehrung u. a. vor gefaehrlichen "Bluteindickungen" bewahrt, durch die manche Yoga-Uebungen zu Beeintraechtigung von Gesundheit oder gar Leben fuehrten. Im Rahmen der umfassenden Grundlagenforschung auf dem noch jungen Wissenschaftsgebiet der Haemorheologie wird jetzt auch den Auswirkungen von Ernaehrung auf die Blutfliesseigenschaften nachgegangen. Die vegetarische Kost -und der damit fast zwangslaeufig verbundene Lebensstil- sollen dabei in dieser vorliegenden Arbeit erstmalig im Mittelpunkt haemorheologischer Untersuchungen stehen.

2. GRUNDLAGEN DER HAEMORHEOLOGIE

2.1. Allgemeine physikalische Erlaeuterungen

Soll Blut seiner Aufgabe als Transportorgan fuer Stoffwechselsubstrate (z.B. Sauerstoff) und deren Metaboliten gerecht werden, muss es fliesen. Dies ist im Wesentlichen von folgenden drei Faktoren abhaengig:

1. Existenz von Blutgefassen als Leitungsbahnen ,
2. Pumparbeit des Herzens, die einen Druck-Gradienten zwischen venoensem und arteriellem Gefaessschenkel aufbaut (Haemodynamik) und
3. Fliesseigenschaften des Blutes (Haemorheologie).

Haemorheologie ist definiert als "Lehre von der Deformation und den Fliesseigenschaften der zellulaeren und plasmatischen Komponenten des Blutes in makroskopischen, mikroskopischen und submikroskopischen Dimensionen und den rheologischen

Eigenschaften von Strukturen, mit denen Blut in direkten Kontakt kommt" (COPLEY 1951 [26]). Diese Definition geht ueber eine streng woertliche Uebersetzung des griechischen Wortstammes dieses synthetischen Wortes Haemorheologie hinaus.

Zusammenhaenge zwischen FlieBbedingungen der Haemodynamik und Haemorheologie wurden bereits 1830 von POISEUILLE [125,126,127] vermutet. Der Mediziner POISEUILLE formulierte fuer Fluessigkeiten aufgrund experimenteller Ergebnisse ein Gesetz, was unabhaengig davon etwa gleichzeitig vom Physiker HAGEN [70] entwickelt wurde:

$$V = \frac{\pi r^4}{8 \eta} \cdot \frac{p_1 - p_2}{l} \cdot t$$

Es besagt, dass das Volumen, das pro Zeit durch ein System von (starrten) Roehren flieBt, abhaengt von der Druckdifferenz $p_1 - p_2$ entlang der Strecke l , der 4. Potenz des Radius r und der Viskositaet η . Annaehernd ist das HAGEN-POISEUILLE'sche Gesetz auch auf die Kreislaufverhaeltnisse des Menschen anwendbar. Sind nun bei Erkrankungen die haemodynamischen Bedingungen verschlechtert und die Vasomotorik eingeschraenkt, so ist von daher abzuleiten, dass folglich die Fliesseigenschaften des

Blutes zum limitierenden Faktor der Gewebsversorgung werden.

An dieser Stelle seien einige Begriffe aus der Physik erklart, deren Kenntnis zum Verstaendnis des Folgenden noetig sind. Deformation ist die Verformung von Materie aufgrund von einwirkenden Kraeften. Wenn die Verformung reversibel ist, wird die Deformation elastisch genannt; ist sie vollkommen irreversibel, heisst sie viskoes. Blut als Zellsuspension hat sowohl viskoese als auch elastische Eigenschaften. Zur Beurteilung der Blutflieesseigenschaften wird der Begriff Viskositaet (=Zaehigkeit) benuetzt. Sie ist ein Mass fuer die innere Reibung einer Fluessigkeit, die beim Verschieben von Fluessigkeitsbestandteilen auftritt. Die Kraft, die vonnoeten ist, um diesen "internen" Widerstand zu ueberwinden und die Fluessigkeit zum Fliessen zu bringen, heisst Schubspannung. Sie verursacht eine Fliessgeschwindigkeit (=Stroemung), die, laminare Anordnung der Fluessigkeitsschichten vorausgesetzt, gefaesswandnah am geringsten und axial am groessten ist. Dieser Geschwindigkeitsgradient zwischen zwei benachbarten Schichten wird Schergeschwindigkeit genannt. Die Viskositaet ist demnach als das

Verhaeltnis von Schubspannung zu Schergeschwindigkeit
definiert (NEWTON):

$$\eta = \frac{\tau}{\gamma}$$

Als Fluiditaet (=Fliessfahigkeit) wird der reziproke Wert der Viskositaet bezeichnet. Je groesser die Viskositaet einer Fluessigkeit also ist, desto mehr Schubspannung (oder Stroemungskraft) ist erforderlich, um eine bestimmte Schergeschwindigkeit zu erzeugen. Erst 1915 wurde realisiert, dass Blut gar keine Fluessigkeit im Sinne NEWTONs ist. Seine Viskositaet ist von den Stroemungsbedingungen abhaengig und zeigt selbst bei gleichbleibender Temperatur keine Konstanz. Dieser Umstand hat zu dem Begriff "scheinbare Viskositaet" gefuehrt. Das bedeutet anders ausgedrueckt, dass es relativ mehr Kraft erfordert, Blut langsam zu bewegen als schnell [39]. Je schneller Blut fliesst, desto fluessiger ist es. Erst bei hohen Schergeschwindigkeiten beginnt Blut annaehernd NEWTONisches Verhalten zu zeigen.

Ein weiteres Charakteristikum von Blut ist, dass es erst ab einem gewissen Minimum an Schubspannung anfaengt zu fliesen. Das ist der Fliesspunkt. Unterhalb dieses Punktes verhaelt sich Blut wie ein

Festkoerper, oberhalb wie eine Fluessigkeit. Der Fliesspunkt wird durch Strukturaufbau im Blut bedingt. Niedrige Schubspannungen ermoeglichen den Aufbau von Strukturen, die sich bei zunehmenden Stroemungskraeften wieder auflösen. Dieses labile Gleichgewicht zwischen Strukturaufbau und -abbau macht die Variabilitaet der Viskositaet aus. Man kann sagen, dies ist die wesentliche Ursache fuer das rheologische Verhalten von Blut. Da Blut eine Suspension von geformten Teilchen in Plasma ist, zwei Phasen also, die sich nicht ineinander loesen, bestimmen folglich diese beiden Komponenten und ihre Interaktion die Fluiditaet. Unter physiologischen Bedingungen wird sie mehr von den Erythrocyten aufgrund von Anzahl, Groesse und Eigenschaften beeinflusst, als von den anderen Blutzellen [21, 144]. Anders kann das bei pathologischen Zustaenden (Leukozytosen, Thrombozytosen, Tumorzellen, etc.) sein [32, 107, 153]. Doch sollen diese nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sein.

Die Voraussetzung von laminarer Stroemung trifft zwar fuer weite Bereiche in grossen Blutgefassen zu, nicht jedoch fuer die Mikrozirkulation. Die laminare Stroemung kann an Gefaessbiegungen und -aufzwei-

II. Schubspannung:

Die Abhaengigkeit der Blutviskositaet von der Schubspannung wurde bereits oben (siehe 2.1.) ausgefuehrt.

III. Plasmaviskositaet:

Plasma ist eine (weitestgehend) NEWTONische Fluessigkeit; das heisst, es weist bei konstanter Temperatur eine konstante Viskositaet auf. Diese ist von den Stroemungskraeften unabhaengig. Neben der Temperatur wird es nur von der Konzentration grossmolekularer Proteine (wie u.a. Fibrinogen, alpha2-Makroglobulin, Immunglobulinen), deren Interaktion, dem pH und dem Hydratationsgrad des Organismus bestimmt [26,77]. Alter oder Geschlecht haben laut HARKNESS [79] keinen Einfluss auf die Plasmaviskositaet, die fuer jedes einzelne Individuum geringe Abweichungen aufweist.

IV. Haematokrit:

FAHRAEUS und LINDQVIST entdeckten 1931, dass die Viskositaet in Gefaessen mit einem Durchmesser unter 300µm geringer wird (FAHRAEUS-LINDQVIST-Effekt). Schon frueher (1929) hatte FAHRAEUS gezeigt, dass der Haematokrit in solchen Kapillaren niedriger ist als prae- und postkapillaer. COKELET et al. [4] konnten

1971 nachweisen, dass der Abfall der Viskosität auf den reduzierten Haematokrit zurückzuführen ist (FAHRAEUS-Effekt = "dynamische Haematokrit-Erniedrigung"). Umgekehrt bewirkt eine hohe Zellkonzentration im Blut einen grossen inneren Widerstand (Viskositätsanstieg), weil bei laminarem Fluss die Stromungslinien gewissermassen um die Zellen herumfliessen [19]. Hätten die Erythrocyten jedoch nicht bestimmte Eigenschaften und eine bestimmte Form, die nachfolgend näher dargestellt werden, so würde Blut unter den gegebenen Bedingungen schon bei einem Haematokritwert von 60% ein Festkörper-Verhalten zeigen, d.h. nicht mehr fliessen.

V. Erythrocyten-Flexibilität:

Rote Blutkörperchen durchlaufen während ihrer Reifung vom Proerythroblasten zum Erythrocyten ein Stadium, in dem der nicht mehr teilungsfähige Kern ausgestossen wird. Der nunmehr kernlose Retikulozyt verlässt das Knochenmark und gelangt ins Blut [21]. Die reifen Erythrocyten haben auf diese Weise eine gleiche Zelloberfläche bei verkleinertem Inhalt, was eine der Voraussetzungen für ihre bikonkave Ruheform ist. Dank dieser geometrischen Bedingung sind sie

extrem deformierbar und koennen daher auch Kapillaren vom Minimal-Durchmesser 2.8 μ noch passieren. Durch diese Reifung und Kernausstossung ist das Zytoplasma der Erythrocyten fast frei von Organellen und eigentlich eine konzentrierte Haemoglobin-Suspension. Veraendert sich im Milieu des Erythrocyten etwas, so wird auch die Viskositaet des Zellinhalts anders [21,32,163]. Sie bestimmt jedoch die Flexibilitaet des Erythrocyten wesentlich mit. Einen wichtigen Einfluss auf die Deformierbarkeit der Erythrocyten leisten ferner die Membraneigenschaften. Die Membran ist sowohl viskoes wie auch elastisch. Ihre Flexibilitaet geht in die Gesamtflexibilitaet der Erythrocyten mit ein. Auch die Ausrichtung und Rotation ("tank treading" [142]) infolge der einwirkenden Scherkraefte haben Auswirkungen auf das mikrorheologische Verhalten der Erythrocyten.

VI. Erythrocyten-Aggregation:

Sie ist das Ergebnis von reversiblen Brueckenbildungen zwischen benachbarten roten Blutkoerperchen mittels der an der Zelloberflaeche durch elektrostatische kraefte angelagerten Plasma-Proteine (Fibrinogen, Globuline) [21]. Schon HESS [80] sah 1915 die Aggregatbildung der Erythrocyten.

waehrend FAHRAEUS darin das Prinzip erkannte, das der Blutsenkung zugrunde liegt [62]. Die Tendenz der Erythrocyten zu aggregieren ist hoch bei niedrigen Schubspannungen und niedrig bei hohen, wo stattdessen die Flexibilitaet der Erythrocyten von Bedeutung ist. Dieses Phaenomen ist, wie bereits erwaeht, die Ursache der Strukturviskositaet. Erythrocyten "versuchen", den hohen Schubspannungen an der Gefaesswand auszuweichen und in den schneller fliessenden Mittelstrom zu gelangen. An diesem Vorgang, Axialmigration genannt, ist die Aggregation massgeblich beteiligt [21].

Gerade die Erythrocyten-Aggregation, die durch Bindung von Makro-Molekuelen an Zellmembranen zustande kommt, legt eine direkte Assoziation zur Pathogenese der Arteriosklerose nahe. Trotz unterschiedlicher Erklaerungsmodelle ist allen diesbezuglichen Theorien gemeinsam, dass sie von einer Anlagerung von Molekuelen an Zell- und Gefaesswaenden ausgehen [40]. Ob haemorheologische Veraenderungen Rueckschluesse auf das Ausmass der arteriosklerotischen Veraenderungen zulassen, wurde verschiedentlich untersucht. Darueber soll im folgenden Abschnitt informiert werden.

3. PROBLEMSTELLUNG

Das reiche Datenmaterial, das die "Framingham Study" [89,90] seit 55 Jahren liefert, verdeutlicht immer wieder, dass Herz-Kreislauf-Erkrankungen (wie arterielle Verschlusskrankheit, koronare Herzkrankheit, cerebrale Durchblutungsstörungen, etc.) - laut Welt-Gesundheits-Organisation die "grosste Seuche der Menschheit" in unseren Tagen -, keine notwendige Alterserscheinung oder Erbanlage, sondern Ergebnis der Lebensweise ist. Mittlerweile sind als Faktoren fuer ein erhoehtes kardiovaskulaeres Risiko anerkannt:

1. Hypercholesterinaemie
2. Hypertonie
3. Zigarettenrauchen
4. Diabetes mellitus
5. Hyperurikaemie
6. Adipositas
7. Stress
8. Bewegungsmangel
9. Alter
10. Familiaere Vorbelastung
11. Geschlecht

3.1. Zusammenhaenge zwischen kardiovaskulaeren Risikofaktoren und Haemorheologie

Haemorheologische Veraenderungen wurden von verschiedenen Autoren fuer (fast) alle Risikofaktoren nachgewiesen. Nachfolgend soll eine Auswahl der wichtigsten Studien genannt werden.

ad 1. Hypercholesterinaemie:

BOETTIGER et al. [6] zeigten, dass bei Patienten mit erhoekten Fettwerten die Sedimentations-Geschwindigkeit steigt. Darueberhinaus sahen diese Autoren, dass waehrend koerperlichen Trainings Symptome von Ischaemie oeffters bei Patienten mit hohen Fettwerten und beschleunigter Blutkoerperchen-Senkung auftraten. STOLTZ und Mitarbeiter [157] fanden bei 45 Patienten mit Hyperlipoproteinaemie Typ IIA, IIB und IV einen Anstieg der Plasma- und Blut-Viskositaet, waehrend LEONHARDT [105] im Widerspruch dazu herausfand, dass die Plasmaviskositaet bei Typ IIB-Patienten hoeher sei, verglichen mit Typ IIA- und IV-Patienten. STOERMER et al. [154] fanden in ihrer Untersuchung an Arteriitis-Patienten, dass 80% erhoekte Plasmalipoproteine hatten und dass eine

signifikante Korrelation zwischen Blut-Viskosität und Cholesterin-Spiegel bestand.

ad 2. Hypertonie:

TIBBLIN et al. [159] zeigten bei Hypertonikern eine Korrelation zwischen Blutdruck und Blutviskosität. Sowohl Plasماviskosität als auch Haematokrit lagen bei dieser Untersuchung im pathologischen Bereich. MESSMER et al. [117] zeigten eine Beziehung der erhöhten Blutviskosität zum erhöhten peripheren vaskulären Widerstand, der gewöhnlich mit erhöhten Blutdruck-Werten einhergeht. Etwa zur selben Zeit beobachteten HISSON und SWANK [82] bei Hypertension einen erhöhten Filtrationsdruck in Verbindung mit Thrombocyten- und Leukocyten-Aggregation. DINTENFASS und BAUER [31] untersuchten bei hypertonen Patienten die artifizielle Bildung von weissen (Plaettchen) und roten (Plaettchen+Erythrocyten) Thromben. Sie zeigten, dass zwischen den Gruppen hypertoner Patienten mit und ohne Komplikation ein bemerkenswerter Unterschied hinsichtlich der Thromben-Viskosität und -Sedimentation bestand.

ad 3. (inhalierendes) Zigarettenrauchen:

STAMLER [152] zeigte, dass toetlich verlaufende Herz-Infarkte viermal haeufiger bei Personen vorkommen,

die taeglich zwischen 10 und 20 Zigaretten rauchen, als bei Nicht-Rauchern derselben Altersgruppe. CHMIEL [22] fand in einer Studie heraus, welche rheologischen Veraenderungen fuer die Raucher in seinem Kollektiv charakteristisch waren. Cloarec et al. [24] bestaetigte diese Beobachtungen, dass sofort nach dem Rauchen eine deutliche Hyperviskositaet auftrat. Nach Dintenfass [33] macht Tabak einen signifikanten Anstieg von Haematokrit, Fibrinogen, Fibrinogen-Albumin-Verhaeltnis, Plasma- und Blut-Viskositaet und Erythrocyten-Aggregation. Dies mag auf eine Steigerung der Protein-Synthese infolge Rauchens zurueckzufuehren sein.

ad 4. Diabetes mellitus:

Ob zur Pathogenese der diabetischen Mikro- (und Makro-)Angiopathie haemorheologische Veraenderungen beitragen, ist zwar wahrscheinlich, letztlich aber noch nicht geklaert. Folgende Beobachtungen wurden beschrieben: MCMILLAN [114] fand einen Anstieg von Plasma- bzw. Serumviskositaet, obwohl andere Forscher [101] diesen Befund nicht bestaetigen konnten. Widerspruechliche Ergebnisse wurden auch hinsichtlich der Blutviskositaet veroeffentlicht. Waehrend DITZEL [36] eine Erhoehung feststellte, die gewoehnlich mit

Fibrinogen- und α_1/α_2 -Globulin-Spiegeln korrelierte, konnte STOLTZ [158] in seinen Untersuchungen dies nur fuer niedrige Schergeschwindigkeiten bestaetigen. Diese Veraenderung stand in keiner Beziehung zu Spaetschaeden oder Dauer der Krankheit. Eine Normalisierung der Blutzuckerspiegel fuer einen Zeitraum von nur 24 Stunden fuehrte bereits zu einer verminderten Blutviskositaet. Mit verschiedenen Methoden sahen sowohl MCMILLAN [115] als auch JUHAN [87] eine Abnahme der Erythrocyten-Deformierbarkeit. Die Aggregation der Erythrocyten ist erhoecht, wie DITZEL [35] bereits 1955 feststellte. Dieses Phaenomen scheint mit erhoechten Globulin- und Lipoprotein-Spiegeln im Plasma zu korrelieren, was SKOVBORG [147] bestaetigen konnte. DITZEL [36] hat ausserdem gezeigt, dass eine Verbindung zwischen Ausmass der Erythrocyten-Aggregation und Schwere der Mikro-Angiopathie besteht. Dieses Ergebnis stimmt mit denen von DINTENFASS [34] ueberein, der bei Diabetikern mit schweren vaskulaeren Komplikationen hoehere Haematokrit-Werte und Fibrinogen-Spiegel und eine schnellere Sedimentationsgeschwindigkeit auftreten sah als bei Diabetikern mit weniger oder keinen Komplikationen.

ad 5. Hyperurikaemie:

Soweit bekannt liegen bisher noch keine haemorheologischen Untersuchungsergebnisse zu diesem Risikofaktor vor, die akzeptierte Methodik einsetzen.

ad 6. Adipositas:

Meist wird das Ausmass der Adipositas in Prozent Uebergewicht, bezogen auf das jeweilige Normgewichtskriterium, angegeben. Bezueglich der Grenzen des Normgewichtsbereiches und damit der nosologisch exakten Definition des Krankheitsbegriffes der Adipositas werden unterschiedliche Masse und Berechnungssysteme angegeben [68]. Sowohl zu hohes als auch zu niedriges Gewicht ist mit einer deutlich verkuerzten Lebenserwartung assoziiert. Untersuchungen zur Haemorheologie bei Adiposen lieferten Anhaltspunkte sowohl fuer als auch gegen Stoerungen der Blutfliesseigenschaften. So zeigten die Ergebnisse von WEIHMAYR et al. [171], dass bei (deutlich) uebergewichtigen Patienten (mindestens 40% ueber Normalgewicht) alle gemessenen rheologischen Parameter im Sinne einer Verschlechterung veraendert sind. Auch LEDNHARDT et al. [105] stellten bei Uebergewichtigen (mindestens 15% ueber Normalgewicht)

erhoehte Blut- und Plasma-Viskosität fest. Eine Studie von PALARETI et al. [120] an stark uebergewichtigen Kindern bestaetigte die Befunde von hoeheren Fibrinogen-Spiegeln, Blut- und Plasma-Viskositätswerten sowie erhoehtem Haematokrit. Auch in anderen Untersuchungen [Ernst/Eisenberg unveroeffentlichte Ergebnisse] wurde eine positive Korrelation des BROCK-Indexes mit Plasma-Viskosität und Erythrocyten-Aggregation nachgewiesen. VOLGER [165] dagegen konnte keine pathologischen Werte bei Blut- und Plasma-Viskosität, Haematokrit, Erythrocyten-Flexibilität und -Aggregation, und Fibrinogen-Spiegel in einer Studie an Adipoesen (mindestens 10% ueber Normalgewicht) finden.

ad 7. Stress:

Psycho-emotionaler Stress bewirkt nicht nur eine vermehrte Ausschuettung von Katecholaminen, Anstieg von Blutdruck und Herz-Frequenz, sondern auch eine hoehere Blut-Viskosität [53]. Dieses Ergebnis stimmt mit Beobachtungen von TURCZYNSKI [161], ECKENBERGER [43] und EHRLY [44] ueberein. Systematische Untersuchungen der Haemorheologie unter Stress fehlen zur Zeit jedoch noch.

ad 8. Bewegungsmangel:

Koerperliche Aktivitaet verbessert die Blut-Fluiditaet, d.h. das Plasma ist weniger viskoes, wie Querschnittsvergleiche [16,106] ergaben. Zu diesem Ergebnis kamen auch ERNST et al. [58] in einer Vergleichs-Untersuchung an Leistungssportlern und Personen mit ca. 1 Stunde Sport/Woche, bei der sich auch eine guenstigere Erythrocyten-Flexibilitaet ergab neben einem eher niedrigen Haematokrit. In der daran anschliessenden Longitudinal-Studie wurde deutlich, dass koerperliches Training normale rheologische Parameter tatsaechlich noch weiter verbessern kann.

ad 9. Alter, ad 10. Familiaere Vorbelastung und ad 11. Geschlecht:

Diese Risikofaktoren sind durch Umstellung von Ernaehrung und Lebensweise nicht beeinflussbar und daher im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit nicht weiters von Interesse. Das Lebensalter korreliert jedoch mit der Erythrocyten-Aggregation, wie unveroeffentlichte Ergebnisse von ERNST/EISENBERG zeigen.

3.2. Zusammenhaenge zwischen kardiovaskulaeren Risikofaktoren und Vegetarismus

Es ist von groesster Bedeutung, dass verschiedene Autoren von einem geringeren kardiovaskulaeren Risiko bei Vegetariern berichten. GOODLOE [67] fand in elfjaehrigen Untersuchungen an 300 Moenchen bei den vegetarisch lebenden Trappisten drei- bis viermal weniger koronare Herz-Krankheit als bei den fleischessenden Benediktinern. LEMON et al. [104] sah bei Seventh-Day-Adventists (SDA) beider Geschlechter deutlich weniger koronare Herz-Krankheit als zu erwarten gewesen waere. PHILLIPS et al. [123] schliesslich konnten in einer Studie bei fleischessenden SDA eine dreimal hoehere Risiko-Gruppe fuer toetliche koronare Herz-Krankheit als bei den vegetarisch lebenden SDA finden. Gegenueber der Bevaelkerung Kaliforniens mit ueblicher Kost lag das kardiovaskulaere Risiko bei den SDA (je nach Altersgruppe) 28 bzw. 50% niedriger. Dabei duerfte allerdings das strikte Nichtrauchen der SDA neben anderen Lebensgewohnheiten eine wichtige Rolle spielen.

Wie schon bei der Beschreibung des vegetarischen Lebensstiles anklang, sind durch diese Lebensweise ein Grossteil der Risikofaktoren ausgeschaltet. Es finden sich bei Vegetariern guenstigere Werte bei Blutdruck, Koerpergewicht, Rauch-Gewohnheiten, Cholesterin, HDL-/Cholesterin-Verhaeltnis, Triglyceride und Harnsaure, wie erst kuerzlich vorlaeufige, noch unveroeffentliche Ergebnisse einer Studie des Institutes fuer Sozialmedizin und Epidemiologie am Bundesgesundheitsamt Berlin verdeutlichten. In den epidemiologischen Studien von KEYES [93] und STAMLER [152] gibt es eindeutige Hinweise ueber Zusammenhaenge zwischen Verzehr von Gesamtfett bzw. gesaettigten Fettsauren, Cholesterin und Haeufigkeit der koronaren Herz-Krankheit. Waehrend CAROLL et al. [13] den niedrigeren Cholesterin-Spiegel bei Vegetariern auf den Ersatz tierischen Proteins durch pflanzliches zurueckfuehrten, erklaerten ihn KAY et al. [92] mit der faserreichen vegetarischen Kost.

Alle diese Untersuchungsergebnisse lenken das Interesse auf die Frage, ob eine vegetarische Ernaehrung - bzw. der damit verbundene Lebensstil - einen Einfluss auf die Blut-Fluiditaet habe. Da bisher auf diese Fragestellung keine experimentell

gesicherten Antworten gegeben werden konnten, ist es Ziel dieser Arbeit, die bisher fehlenden Ergebnisse zu liefern.

4. MATERIAL UND METHODEN

4.1. Probanden

4.1.1. Vegetariengruppe

Fuer diese Untersuchung wurde in Muenchner Reform-Haeusern, Naturkost-Laeden und vegetarischen Restaurants Aushaenge gemacht (siehe Anhang). Spontan stellten sich 52 Vegetarier zur Verfuegung, von denen vier nicht fuer die endgueltige Auswertung herangezogen werden konnten, weil sie nicht alle Aufnahme-Kriterien erfuellten. Diese bestanden darin, dass die Probanden sowohl eigenanamnestisch als auch aufgrund koerperlicher Untersuchung und laborchemischer Tests (siehe 4.2.2.) gesund waren, keine Medikamente nahmen und seit mindestens drei Monaten (in verschiedenen Abstufungen siehe Definitionen in Tabelle 2) auf den Verzehr von tierischem Protein bzw. tierischen Produkten ueberhaupt verzichtet hatten.

Tabelle 2: Einteilung der Vegetarianer in Untergruppen.
[nach 38]

Name	Anzahl	Beschreibung der Kost
Veganer	5	keinerlei tierische Produkte wie Fleisch, Fisch, Milch, Milchprodukte, Eier, Honig
Ovo-Lacto-Vegetarianer	28	Milch, Milchprodukte, Eier werden regelmässig gegessen, jedoch kein Fisch und Fleisch
Semi-Vegetarianer	15	gelegentlicher Genuss von Fisch und Fleisch, aber nicht öfter als 1x/Woche, ueberwiegend aber pflanzliche Nahrung

Um Einflüsse zyklusbedingter hormoneller Schwankungen moeglichst gering zu halten, wurde bei allen Vegetarianerinnen am 8.-10. Tag des Menstruationszyklus Blut abgenommen.

Die 24 Frauen und 24 Maenner im Alter zwischen 18 und 54 Jahren (29.3 ± 7.6) waren ausserdem bereit, einen fuer diese Befragung entworfenen Fragebogen (siehe unten) zu Anamnese, Ernahrungs- und Lebensgewohnheiten auszufuellen.

Tabelle 3: Fragebogen zur Anamnese (Vegetarianer)

Name:..... Alter:....Jahre

Geschlecht: m / w (bei Frauen bitte den Zyklustag angeben:.....)

Groesse:.....cm Gewicht:.....kg

Blutdruck:...../.....mmHg Puls:...../min

Welchen Beruf ueben Sie zur Zeit aus? Beschreiben Sie bitte genauer die Art der Taetigkeit (z.B. Schreibtisch-, Lauf-, stehende Taetigkeit?)!

Haben Sie derzeit irgendwelche koerperlichen Beschwerden?

Welche Medikamente nehmen Sie im Moment? (Pille? Vitamin- oder Eisenpraeparate?)

Waren Sie frueher schon einmal krank bzw. im Krankenhaus? (Hepatitis? irgendwelche Anzeichen eines Vitamin-Mangels wie Zungenbrennen, schmerzhafte Missempfindungen in den Beinen?)

Hat jemand von den Geschwistern, Eltern oder Grosseltern eine der folgenden Krankheiten gehabt?

Diabetes mellitus?

Bluthochdruck?

Herzinfarkt?

Schlaganfall?

Beinarterienverschluesse?

Gicht/Fettstoffwechselstoerung?

Asthma?

Krebs?

Wieviele Zigaretten/Zigarren/Pfeifen rauchen Sie pro Tag? (Falls Sie nicht mehr rauchen sollten, geben Sie bitte an, seit wann!)

Wieviel Alkohol trinken Sie durchschnittlich pro Tag?

Wieviele Tassen Bohnenkaffee trinken Sie taeglich?

Haben Sie taeglich koerperliche Bewegung? Welcher Art? Wieviel Minuten (Stunden) im Durchschnitt pro Tag?

Schaetzen Sie bitte den "Stress" ein, dem Sie taeglich ausgesetzt sind!

0 sehr viel

0 normal

0 keinem (bzw. waehlen

Sie ein eigene Formulierung!)

Wie ernaehren Sie sich vorwiegend? Kreuzen Sie bitte die Gruppe an, die Ihren Ernaehrungsgewohnheiten am naechsten ist!

- ☐ streng vegetarisch - keinerlei tierische Produkte wie Fleisch, Fisch, Milch, Milchprodukte, Eier
- ☐ lacto-vegetarisch - Milch und Milchprodukte sind in der Nahrung enthalten, sonst jedoch keine tierischen Produkte
- ☐ ovo-lacto-vegetarisch - Milch, Milchprodukte sowie regelmaessiger Genuss von Eiern (oefter als 1x/Woche) stehen auf dem Nahrungsplan, jedoch kein Fleisch und Fisch
- ☐ semi-vegetarisch - gelegentlicher Genuss von Fleisch und Fisch, aber nicht oefter als 1x/Woche, ueberwiegend jedoch pflanzliche Ernaehrung

Essen Sie Soja-Bohnen-Produkte? (Tofu, Reformhaus-Praeparate?)

Wie decken Sie Ihren Bedarf an Fett? (z.B. Butter, Margarine, pflanzliche Oele, Nuesse, Kaese, Milch, Milchprodukte)

Welches Gemuese essen Sie vorzugsweise, welches gar nicht?

Welches Obst essen Sie, welches nicht?

Seit wann nehmen Sie kein Fleisch/tierischen Produkte mehr zu sich?

Hat sich Ihrer Meinung nach durch die Ernaehrungs-Umstellung in Ihrem Leben (z.B. Partnerschaft, Freundeskreis, Beruf, Lebensrhythmus, politische Einstellung, ect.) etwas entscheidend geaendert?

Machen Sie Joga?

- ☐ regelmaessig
- ☐ gelegentlich
- ☐ nie

Meditieren Sie?

- ☐ regelmaessig
- ☐ gelegentlich
- ☐ nie

Bemerken Sie subjektiv koerperliche oder seelische Veraenderungen, wenn Sie doch einmal Fleisch bzw. tierische Produkte gegessen haben?

Wuerden Sie nun bitte zum Schluss noch Ihren Grund/Ihre Gruende nennen, weshalb Sie vom Genuss von Fleisch oder tierischen Produkten ueberhaupt abgekommen sind?

Herzlichen Dank fuer die Muehe, die Sie sich beim Ausfuellen dieses Fragebogens gemacht haben!

Im Vertrauen auf die Richtigkeit der Angaben der Probanden wurde aus Koerpergewicht (KG) und -groesse (-laenge KL in cm) nach der Formel KG/NG (wobei KG und NG = Normalgewicht in kg angegeben werden) der BROCA-Index ausgerechnet. Dieser beschreibt die Abweichung des aktuellen Gewichtes von einem Normgewicht ($NG = KL - 100$), wobei fuer Frauen die Formel entsprechend modifiziert wurde ($NG = KL - 100 - 1/10(KL - 100)$).

4.1.2. Kontrollgruppe

Sie bestand aus 41 Nicht-Vegetariern, 12 Frauen und 29 Maennern im Alter zwischen 20 und 54 Jahren ($32,6 \pm 8,2$). Sie hatten sich als Blutspender bereit erklart, fuer die Untersuchung zur Verfuegung zu stehen. Ein Haemoglobin-Wert unter 12.5 g/l war Ausschluss-Kriterium. Auch sie nahmen keine Medikamente und waren gemass Anamnese, koerperlicher Untersuchung und Routine-Labor gesund. Obwohl urspruenglich vorgesehen war, sie auch bezueglich des BROCA-Indexes anzugleichen, war es in diesem Fall aufgrund des im Allgemeinen meist niedrigen Wertes bei Vegetariern nicht moeglich gewesen. Ebenso war im Design der Untersuchung nicht vorgesehen, Raucher als Probanden aufzunehmen. Da sich jedoch wider Erwarren auch rauchende Vegetarier fanden ($n=5$), konnte die Kontrollgruppe mit 7 Rauchern als angeglichen gelten. Sie unterschieden sich also von der Gruppe der Vegetarier im Wesentlichen durch die gewohnheitsmaessige Aufnahme von Fisch, Gefluegel, Fleisch und Fleischwaren, wie es der allgemeinen sueddeutschen Kost entspricht.

4.2. Nicht-rheologische Methoden

4.2.1. Technik der Blutentnahme und -praeparation

Sie war bei allen Versuchspersonen folgendermassen standardisiert: Jeder Proband kam morgens zwischen 7Uhr30 und 9Uhr30 zur Blutabnahme, ohne vorher gefruehstueckt zu haben. Nachdem er mindestens 10 Minuten auf einer Liege geruht hatte, wurden ihm einmalig 45ml Blut aus einer Kubitalvene mittels "Butterfly"-Nadel (19G) genommen. Dabei wurde sorgfaeltig darauf geachtet, mit schwachem Sog und moeglichst ohne gleichzeitigen Stau vorzugehen.

Fuer die rheologischen Untersuchungen wurden 20ml Blut in zwei vorheparinisierte (12.5U/ml Lithium-Heparin) Roehrchen gegeben [52]. Die restlichen 25ml der entnommenen Blutprobe wurden in speziell dafuer geeigneten Behaeltern zu den Bestimmungen ins Routine-Labor gebracht.

4.2.2. Routine-Diagnostik

Um den Gesundheitszustand der vegetarischen Probanden zu objektivieren, wurde das übliche laborchemische Basis-Programm durchgeführt. Folgende Parameter wurden untersucht:

Tabelle 4: Laborchemische Tests

Parameter	Abkürzung	Dimension	Normbereich	Methode
Blutkörperchen senkung	MS	mm/Std	F: 0-20 M: 0-10	nach WESTERLEN
Creatinin	Cr	mg/dl	0,7 - 1,2	JAFFE-Reaktion (ohne Entseifung)
Harnsäure	Ha	mg/dl	3,0 - 7,4	enzymatischer Farbstest
Natrium	Na	mol/l	135 - 150	ionenselektive Elektrode
Kalium	K	mmol/l	3,8 - 5,4	ionenselektive Elektrode
Calcium	Ca	mmol/l	4,3 - 5,3	ionenselektive Elektrode
Eisen	Fe	µg/dl	80 - 180	Ferrosin-Methode
Ferritin	Ferr	µg/l	30 - 300	Radio-Immuno-Assay
Glutamat-Oxaloacetat-Transaminase	GOT	U/l	- 19	Standardmethode der Deutschen Gesellschaft fuer Klinische Chemie
Glutamat-Pyruvat-Transaminase	GPT	U/l	- 24	
Gama-Glutamyl-Transferase	γ-GT	U/l	- 28	
Gesamtbilirubin	Bil	mg/dl	- 1,1	Photometrie des Azopigmentes nach JENDRASSIE/CROF
Gesamt-Eiweiss	EW	g/dl	6,3 - 8,3	Biuret-Methode (Serumklarwert beruecksichtigt)
Elektrophoresen:				
Albumin	Albu	} rel. E	34 - 63	} Acetatfärbung mit Ponceau S
Alpha 1	Alph1		2 - 5	
Alpha 2	Alph2		7 - 19	
Beta	Beta		8 - 13	
Gama	Gama		12 - 22	
Cholesterin	Chol	mg/dl	- 260	enzymatisch (CHOD-PAP)
Triglyceride	Tri	mg/dl	30 - 100	velienzymatisch
Leukocyten	Leuko	$10^3/\text{mm}^3$	3,5 - 11,0	} Coulter-Counter
Erythrocyten	Ery	$10^6/\text{mm}^3$	F: 4,2 - 5,4 M: 4,6 - 6,2	
Hämoglobin	Hb	g/dl	F: 12 - 16 M: 14 - 18	
Mittleres Erythrocytenvolumen	MCV	μm^3	82 - 101	
Mittlerer Hämoglobingehalt des Erythrocyten	MCH (=Hb _E)	pg	27 - 34	
Mittlere Hämoglobinkonzentration des Erythrocyten	MCHC	g/dl	32 - 36	} Hitzbestimmung nach CLAUSSE Ca-Thromboplastin- Methode
Thrombocyten	Thrombo	$10^3/\text{mm}^3$	150 - 500	
Fibrinogen	Fgen	mg/dl	150 - 500	
Prothrombin-Komplex (=Quick-Wert)	PI	%	70 - 120	
Vitamin B12	Vit B12	pg/ml	220 - 940	Radio-Isotopen-Methode

(Stand: Winter 1984/85)

Nach Auswertung dieser Ergebnisse war mit grosser Wahrscheinlichkeit eine latente Beeinträchtigung der Leber- und Nierenfunktion oder eine Blutbildungs- und Blutgerinnungsstörung ausgeschlossen. Ferner konnte ein verborgener Entzündungsherd oder ein gestörter Elektrolyt-Haushalt kaum übersehen werden. Auch auf eine unzureichende Zufuhr bzw. Verwertung von Eisen, Calcium und Protein wurden die Blutproben geprüft. Bei keinem der Vegetarier fand sich eine Hypocalcaemie oder Hypoproteinaemie. Bei den Vegetariern wurde zusätzlich die Bestimmung des Vitamin B12-Spiegels veranlasst. Auf eine ebenso ausführliche Durchuntersuchung klinisch-chemischer Parameter wurde bei der Kontrollgruppe verzichtet, da deren regelmässige Blutspende eine ausreichende Überwachung des Gesundheitszustandes zu gewährleisten schien.

Anschliessend an die Blutabnahme wurde an allen Probanden im Liegen Blutdruck (in der üblichen Weise nach RIVA-ROCCI in mmHg) und Puls (Schläge/Minute) gemessen. Danach füllten die vegetarischen Versuchspersonen den Fragebogen aus. Diese zusätzlichen Informationen - ausser Alter, Geschlecht, Körpergrösse und -gewicht, Konsum von

Zigaretten und Alkohol, Angaben zu körperlicher Aktivität - wurden bei der Kontrollgruppe nicht erhoben.

4.3. Haemorheologische Methoden und Methodenkritik

Es sei vorausgeschickt, dass bisher fast alle haemorheologischen Untersuchungen noch nicht ausgereift genug sind, um ins alltaegliche klinische Laborprogramm aufgenommen zu werden. Sie sind ex-vivo-Messungen, in denen versucht wird, Vorgaenge im lebenden Organismus unter Laborbedingungen zu quantifizieren. Zur Zeit gehoeren zum "haemorheologischen Status"

4.3.1. Blutviskositaaet BV

4.3.2. Plasmaviskositaaet PV

4.3.3. Erythrocyten-Filterabilitaaet EF

4.3.4. Erythrocyten-Aggregation EA und

4.3.5. Haematokrit Hk.

Um optimale Praezision zu gewaehrleisten, wurden im experimentellen Teil dieser Arbeit alle rheologischen Parameter innerhalb von drei Stunden nach der Blutentnahme bestimmt [52]. Von einem der fuer die Rheologie vorgesehenen, vorheparinisierten Roehrchen (siehe 4.2.1.) wurden nach guter Durchmischung 15ml antikoaguliertes Nativblut fuer die Bestimmung von Blutviskositaaet und Haematokrit und 30ul fuer die

Messung der Erythrocyten-Aggregation abpipettiert. Der restliche Inhalt dieses Roehrchens und die 10ml des anderen wurden 20 Minuten lang bei 3000 Umdrehungen/Minute zentrifugiert und fuer die Untersuchung von Plasmaviskositaet und Erythrocyten-Filterabilitaet reserviert.

4.3.1. Blutviskosität

Sie wurde im "Carri-Med Controlled Stress Rheometer" bestimmt, einer Weiterentwicklung des ursprünglichen DEER-Viskometers [28]. Dieses Rotationsviskosimeter arbeitet nach folgendem Prinzip:

In einem zylindrischen Gefäß befindet sich die Blutprobe. In diese wird ein ebenfalls zylindrischer Drehkörper eingesenkt, der von einem elektrischen Motor bewegt werden kann. Der Spalt zwischen beiden Messkörpern ist im Verhältnis zu deren Radien vernachlässigbar klein, sie verhalten sich annähernd wie 1:1, so dass die Probe unter dieser Voraussetzung nur einer Schergeschwindigkeit ausgesetzt wird. Das gesamte Mess-System befindet sich in einem temperatur-kontrollierten Behälter. Der innere Zylinder wird nun mit einer vorgegebenen Kraft (=Schubspannung) gegen den stillstehenden äusseren rotiert, wobei die Blutprobe der Bewegung einen Widerstand entgegensetzt. Die resultierende Rotation wird als Mass für die Blutviskosität herangezogen, die in diesem "Couette-System" (=System coaxialer Zylinder) also eine Funktion der Schubspannung ist, nicht der Schergeschwindigkeit, wie in den später beschriebenen Viskometern. Durch

die Rotation entsteht Reibung, die zu Einbußen der Empfindlichkeit, gerade im unteren Schubspannungsbereich, führen könnte. Durch eine Luftlagerung der bewegten Teile wird dieser sonst limitierende Faktor auf ein Minimum reduziert.

Im Folgenden wird die genaue Durchführung der Blutviskositätsmessung im Carri-Med Controlled Stress Rheometer beschrieben. Strom und Pressluftzufuhr (Luftlagerung!) wurden eingeschaltet. Nachdem der Temperaturfühler eine Aussentemperatur von $34.2-34.4^{\circ}\text{C}$ angab (was, wie experimentell ermittelt wurde, einer Temperatur von 37°C innerhalb der Messvorrichtung entspricht) und das Aufleuchten eines Leuchtchens signalisierte, dass der bewegliche innere Teil der Messgeometrie in völliger Ruhe war, wurden 3ml des nochmals gut durchmischten Nativblutes (siehe 2.3.) in den Spalt zwischen die beiden Zylinder pipettiert. Danach wurde der innere Zylinder in den Spalt eingesenkt und das Gerät in Gang gesetzt. Die Schubspannung wurde dann allmählich erhöht, bis an einer digitalen Anzeige abzulesen war, dass der Fließpunkt (=yield stress) erreicht war. Danach wurden vorgegebene Schubspannungen (0.42 dyn/cm^2 , 1.68 dyn/cm^2 , 4.21 dyn/cm^2 , 8.43 dyn/cm^2)

auf alle Proben aufgebracht und jeweils der hoechste Wert auf der Anzeige notiert. Anschliessend wurde jeweils die der vorgegebenen Schubspannung zugehoerige Blut-Viskositaaet berechnet.

Der theoretische Vorteil dieser Messanordnung liegt darin, dass sie weitestgehend kreislaufphysiologische Verhaeltnisse nachahmt. (Im Organismus ist gewoehnlich von groesserem Interesse, welche Schergeschwindigkeit resultiert, wenn eine gewisse Schubspannung auf das Blut einwirkt, als umgekehrt.) Praktisch bedeutet dies, dass der Fliesspunkt und die visko-elastischen Eigenschaften des Blutes direkt gemessen werden koennen. Das Geraet ist robust und einfach in der Handhabung. Ein vibrationsfreier Aufbau ist unnoetig. Es ist moeglich, ueber eine grosse Breite von Schubspannungen zu messen [48,39]. Dagegen koennen starke Oberflaecheneffekte auftreten, die Messungen im unteren Schubspannungsbereich eher irrelevant machen. Es besteht auch die Gefahr einer Phasentrennung waehrend des Messvorganges bei Blutproben mit pathologischer Erythrocyten-Aggregation [95].

Von den anderen fuer Blutviskositaaetsmessungen verwendbaren Rotationsviskosimetern soll hier auf das

WELLS-BROOKFIELD- und das CONTRAVES L(ow)S(hear) 30-Viskosimeter genauer eingegangen werden. Beide messen die Fluiditaet als Funktion der Schergeschwindigkeit, so dass ihre Ergebnisse nicht direkt mit denen des CARRI-MED CS Rheometers vergleichbar sind, das - wie bereits ausgefuehrt - auf der Basis kontrollierter Schubspannung arbeitet.

Das WELLS-BROOKFIELD-Viskosimeter ist das erste (1961) serienmaessig hergestellte Rotationsviskosimeter zur Bestimmung der Blutviskositaet. Seine Messgeometrie besteht aus einem Kegel-Platte-System. Darin befindet sich die Probe zwischen einer runden Platte und einem sich leicht nach aussen oeffnenden runden Konus. Der Abstand Konusmitte zur Platte ist Null und nimmt nach aussen hin je nach Oeffnungswinkel zu. Die Schergeschwindigkeit als Verhaeltnis der Geschwindigkeitsdifferenz zweier benachbarter Schichten zu dem Abstand dieser Schichten bleibt innerhalb der Probe konstant, wenn sich der Konus auf der Platte dreht (Geschwindigkeit im Zaehler ebenso wie Abstand im Nenner nimmt zu, dh. Quotient bleibt gleich).

Ein Vorteil dieses Konus-Platte-Systems ist, dass nur wenig Blut (0.2ml) zur Messung gebraucht wird.

Ausserdem sind die Anschaffungskosten des WELLS-BROOKFIELD-Viskometers relativ niedrig. Dagegen ist die Messgenauigkeit besonders in den unteren Scherbereichen gering, weil der rotierende Teil im System gleichzeitig auch misst. Ausserdem reagieren Kegel-Platte-Systeme empfindlicher auf erhoelte Erythrocyten-Aggregation als Couette-Systeme. Ein grosser Bereich an Schergeschwindigkeiten kann nur erreicht werden, wenn unterschiedliche Messgeometrien angewandt werden. Insgesamt ist die Handhabung des WELLS-BROOKFIELD-Viskometers als umstaendlich einzustufen und das Geraet eher von historischem Interesse.

Das CONTRAVES LS 30 dagegen besitzt ein Couette-System (co-axiale Zylinder), das fuer rheologische Messungen an Blut guenstige Voraussetzungen bietet. Der etwa 0.7ml aufnehmende Mess-Zylinder dreht sich in der vorgegebenen Geschwindigkeit, waehrend der in die Blutprobe eingesetzte Zylinder der eigentliche Messfuehler ist. Dieser Zylinder ist an einem Metalldraht freibeweglich aufgehengt und wuerde durch die Viskositaet der Blutprobe in Rotationsrichtung hin mitgenommen werden. Dies verhindert ein Elektromagnet, der den Zylinder trotz

Rotation des Messgefässes und damit der Blutprobe
völlig ruhig hält. Die elektrische Kraft, die dazu
notig ist, dient als direktes Mass für die zu
bestimmende Viskosität.

Das CONTRAVES LS 30 hat viele Vorteile. Es ist
einfach zu bedienen, hat einen genügend grossen
Bereich an Schergeschwindigkeiten und ist auch in den
unteren Scherbereichen genau. Die Herstellerfirma
bietet verschiedene Zusatzgeräte an, mit denen
weitere Messungen gemacht werden können. Leider sind
die Anschaffungskosten für dieses Viskometer schon
in der Standard-Ausführung ziemlich hoch. Von
Nachteil ist auch, dass die Zentrierung schwierig
sein kann und sich die Geräte wegen nicht
ausreichend hoch applizierbarer Schubspannung wenig
zur Viskositätsmessung von verdünnten Erythrocyten-
Suspensionen eignen [39,50,151].

Da die Blutviskosität stark vom Haematokrit
beeinflusst wird [173,19,40], ist es für Vergleiche
mehrerer Blutproben mit unterschiedlichen
Haematokritwerten unerlässlich, eine (z.B.)
rechnerische Korrektur vorzunehmen. Dies geschah für
die vorliegende Untersuchung gemäss einer Formel,

die von WHITTINGTON et al. [177] angegeben wurde und
 spaeter zu diesem Zweck modifiziert wurde [113]:

$$BV(45) : \left[\frac{BV}{PV} \right]^{\frac{45}{HK}} \cdot PV$$

4.3.2. Plasnaviskosität

Da Plasma (siehe 1.2.2.) annähernd eine NEWTONische Flüssigkeit ist, eignet sich zur Messung seiner Viskosität idealerweise ein Kapillarviskosimeter, wie es vor Erfindung der Rotationsviskosimeter (1961) fuer alle Viskositätsbestimmungen gebräuchlich war. Fuer die vorliegenden Messungen wurde ein von HARKNESS [78] entwickeltes Gerät verwendet. Es arbeitet nach folgendem Prinzip: Der definierte Druck einer Quecksilbersäule treibt ein definiertes Volumen der zu bestimmenden Plasmaprobe durch eine feine Glaskapillare von konstantem Durchmesser konstanter Länge. Die Zeit, die das vorgegebene Volumen benötigt, um durch die Kapillare zu fließen, wird auf Hundertstel Sekunden genau von einem elektronischen Zeitnehmer gemessen. Die ganze Messvorrichtung befindet sich in einem Wasserbad mit konstanter Temperatur (37°C). So ist die gemessene Zeit nur von der Viskosität des Plasmas abhängig. Um sie in absoluten Masseinheiten angeben zu können, benötigt man noch Vergleichsmessungen mit demselben Volumen an Wasser und den Wert der absoluten Viskosität von Wasser bei der Versuchstemperatur

(0.692mPas, wie er in einschlaegigen Tabellen zu finden ist). Man berechnet also:

$$PV = \frac{t_{\text{Wasser}}}{t_{\text{Plasma}}} \eta_{\text{Wasser}}$$

Aus den drei Werten der Mehrfachbestimmungen wird der Mittelwert der Plasmaviskositaet einer Probe ermittelt. Der Normbereich liegt fuer eine Temperatur von 37 ° C bei 1.18 (± 0.05), die Dimension ist MilliPascaleSekunden [mPas].

Die Bestimmungen am Kapillarviskosimeter wurden folgendermassen ausgefuehrt : Mittels Einmalpipette wurde die vorgegebene Menge an Wasser in das Vorratsgefaess gegeben und eine Minute abgewartet, bis es temperiert war. Dann wurde der Zufuehrungshahn geoeffnet. Sobald der Quecksilbermaniskus bis knapp oberhalb des Vorratsgefaesses fuer Quecksilber zurueckgewichen war, wurde der Zufuehrungshahn geschlossen und der Zeitnehmer auf Null gestellt, der vom nunmehr langsam aufsteigenden Quecksilberspiegel beim Passieren zweier Lichtschranken ein- und ausgeschaltet wurde. Anschliessend wurde die Messung zweimal wiederholt, die Zeiten notiert. War die Kapillare danach wieder leer, d.h. war alles Wasser

durchgelaufen, wurde die identische Menge des zu messenden Plasmas einpipettiert und genauso wie vorher beschrieben bestimmt. Auch die Durchlaufzeiten des Plasmas wurden dreifach gemessen und notiert. Nach Abschluss der Messungen und Reinigung des Geraetes wurde nach obiger Formel die Viskositaet des Plasmas errechnet.

Mit dem hier verwendeten HARKNESS-Kapillarviskosimeter stand erstmals eine allgemein akzeptierte Methode fuer die Erfassung der Plasmaviskositaet zur Verfuegung, mit der die meisten bis dato bestehenden Schwierigkeiten durch eine gewisse Standardisierung und Automatisierung ueberwunden werden konnten. Die Ergebnisse haben nur eine kleine physiologische und methodische Schwankungsbreite. Denn die Plasmaviskositaet bleibt nach den ersten Lebensjahren fuer jeden Menschen gleich und zeigt auch keine geschlechtsspezifischen, tages- oder jahreszeitlichen Unterschiede [79]. Sie reagiert jedoch auf kleinste Aenderungen der Konzentration grossmolekularer Plasmaproteine. Daher liegt sie bei allen Krankheiten, wo eine Veraenderung der Plasmaproteine auftritt, im pathologischen Bereich und ist von basaler diagnostischer, prognostischer und

therapeutischer Aussagekraft, vielleicht sogar mehr als die Blutkoerpersenkung (BKS) [79,23].

Ein anderes Kapillarviskosimeter zur Bestimmung der Plasmaviskosität stammt von CHMIEL [23]. Es eignet sich besonders für den Gebrauch bei hohen Schergeschwindigkeiten und kann auch zur Vollblutmessung herangezogen werden. Ein elektrischer Motor schiebt zwei Kolben von exakt gleicher Gr  sse in zwei Messkammern. Wegen der Inkompressibilität von Fluessigkeiten unter Abwesenheit von Gasen wird genau dasselbe Probevolumen durch die zwei Kapillaren gedruickt, die gleichen Durchmesser, aber unterschiedliche Laenge haben. Gemessen wird nur der Druckunterschied, und zwar nicht in der Probe selbst, sondern in einer Fluessigkeit, die durch eine Einweg-Silikon-Gummi-Membran davon getrennt ist. So eruebrigen sich guenstigerweise Reinigungsarbeiten (ausser der Glaskapillaren). Zusaetzlich ist eine gute Reproduzierbarkeit der Messungen gegeben, die zusammen mit der Auswertung wenig Zeit beanspruchen. Das Probevolumen ist nur klein. Der Fluss wird vom Geraet konstant gehalten und braucht daher nicht gemessen zu werden [23]. Leider ist es nicht allgemein anerkannt, und so existieren zu wenig

internationale Erfahrungen hinsichtlich dieses Viskometers.

Ein drittes Geraet zur Quantifizierung der Plasmaviskositaet ist das Kapillar-Schlauch-Plasma-Viskometer (KSPV) [88]. Gemessen wird darin die Zeit, die ein Plasmabolus benoetigt, um in dem Schlauch die Strecke zwischen zwei Lichtschrannen zurueckzulegen. Nach dem HAGEN-POISEUILLE'schen Gesetz wird die (dynamische) Viskositaet der Plasmaprobe errechnet. Da als Kapillare ein Polyurethanschlauch verwendet wird, der nach jeder Messung erneuert wird, entfallen Reinigungsarbeiten. Messfehler, die von unzureichender Reinigung oder Rueckstaenden von Reinigungsmitteln in der Kapillare herruehren, werden somit vermieden. Die auswechselbare Kapillare gereicht diesem Geraet aber gerade auch zum Nachteil. Die Randbedingungen (hier die Kapillargeometrie) koennen nicht konstant gehalten werden, was einen hoeheren methodischen Fehler als beim HARKNESS-Viskometer bedingt.

4.3.3. Erythrocyten-Flexibilitaet

Im Bereich der Mikrozirkulation muessen Erythrocyten durch Kapillaren fliessen, deren Durchmesser (bis zu 3 μ m) kleiner ist als ihr eigener Ruhedurchmesser (circa 7.5 μ m). Dazu ist es ganz offensichtlich erforderlich, dass Erythrocyten sich verformen. Bei einer Reihe von Krankheitsbildern ist diese Faehigkeit gemaess den heute vorliegenden ex-vivo-Daten eingeschraenkt. Mehrere Methoden wurden entwickelt, um diesen Erythrocyten-Parameter zu messen. Filtrationsverfahren, wie das in der vorliegenden Untersuchung verwendete [nach 37], scheinen fuer klinische Zwecke derzeit mit am zweckmaessigsten. Das Messprinzip beruht dabei darauf, dass eine Erythrocyten-Suspension durch einen Filter mit definierter Porengroesse (meist 5 μ m) fliesst. Da der Durchmesser der Erythrocyten groesser ist als der der Poren, muessen sie sich verformen, um durchtreten zu koennen. Seit der Entwicklung der Nucleopore-Filter ist das Problem inkonstanter Porengroesse nahezu geloest. Rigide Zellen fliessen langsamer bzw. werden zurueckgehalten. Es wird die Anzahl der in einer definierten Zeit gefilterten Zellen bestimmt.

Bei der Durchfuehrung wurden nach Zentrifugation (15 Minuten lang bei 3000g) 3ml Plasma-Ueberstand in ein Reagenzglas pipettiert. Mittels Einmalpipette wurde aus der Mitte der dort thrombocyten- und leukocytenarmen Zellsaeule im zentrifugierten Roehrchen Material angesaugt, einige Tropfen verworfen und dann die naechsten vier Tropfen in das Reagenzglas mit Plasma gegeben. 1ml dieser gerade hergestellten 5X-igen Suspension wurde unfiltriert in ein neues Reagenzglas pipettiert, die restlichen 2ml auf zwei mit Nucleopore-Filter praeparierte, modifizierte Filterhalter verteilt. Die Filtration begann sofort, getrieben durch die Schwerkraft. Genau nach 60 Sekunden wurde die Filtration gestoppt. Anschliessend wurde der Inhalt aller drei Reagenzglaeser zuerst mit jeweils 10ml Aqua destillata haemolysiert und dann im Fotometer der Haemoglobin-Gehalt dieser Haemolysate bestimmt. Das Verhaeltnis aus (gemitteltem) filtriertem Hb und unfiltriertem Hb ergibt den Flexibilitaets-, besser Filterabilitaets-Index (ohne Dimension). Er drueckt aus, wie viele von den Erythrocyten, die durch das Filter haetten fliesen koennen, tatsaechlich

hindurchgetreten sind. Der Normbereich liegt bei 0.68 (± 0.12).

Vorteile dieses Mehrloch-Filtrationsverfahrens sind, dass es einfach, schnell und preiswert ist. Eine grosse Zahl von Proben kann getestet werden, was eine gute Voraussetzung fuer klinische Verwendung waere [49]. Von Nachteil ist, dass eine Vielzahl von Einflussgruessen die Aussagekraft der Ergebnisse mindern. In der Suspension verbliebene Thrombocyten oder Leukocyten fuehren zu Artefakten, die auf verlegten Poren beruhen [111]. Auch pH- und Osmolaritaetsschwankungen sowie Variabilitaet der Plasmaviskositaet koennen zu Einbussen der Messgenauigkeit fuehren. So kann nicht mit endgueltiger Sicherheit belegt werden, ob die Filtrierbarkeit der roten Zellen nur auf Flexibilitaetsmerkmale zurueckzufuehren ist. Daher wurde im Folgenden in der vorliegenden Arbeit der genauere Terminus Erythrocyten-Filterabilitaet gewaehlt. (Der Begriff Flexibilitaet ist physikalisch nicht zu definieren!)

Eine Variante der Mehrlochfiltration ist die Einlochfiltration. Sie liegt dem Selektierenden Erythrocyten-Rigidometer (SER) [129] zugrunde. Bei

der Passage durch einen engen Stroemungskanal (Durchmesser $\approx 7,5\mu\text{m}$) stoeren die Erythrocyten ein zwischen Ueber- und Unterkammer angelegtes elektrisches Wechselfeld. Die Zeit der Stoerungen entspricht der Passagezeit der einzelnen Erythrocyten durch die Pore. 250 Durchtrittszeiten werden jeweils gemittelt und als mittlere Passagezeit eines Kollektivs ausgegeben. Noch ist es jedoch nicht gelungen, einige technische Probleme zu loesen, so dass das SER nicht im Handel erhaeltlich ist.

Der Vorlaeufer der hier benutzten Filtrationsmethode ist die Vollblutfiltration [128]. Antikoaguliertes Nativblut wird mit einem negativen konstanten Druck von 2000 Pa ($\approx 20\text{cm}$ Wassersaeule) durch ein Nucleopore-Filter gesogen. Der Verformungs-Index wird entweder als Durchfluss-Zeit oder als die in einer Minute gefilterte Probenmenge angegeben.

Eine Neuentwicklung auf dem Sektor der Filtrationsmethoden ist das St.-George's-Filtrometer. Das Nucleopore-Filter ist darin senkrecht in einer Kammer mit drei Ausgaengen aufgestellt, von denen einer zur Messkapillare, der andere zur Einfuelloeffnung und der dritte zum Abfluss fuehrt, der ueber einen Hahn Verbindung zu einem

Vorratsgefäß mit konstantem Flüssigkeitsspiegel (2cm Wassersäule = 200Pa Druck) hat. Die Messkapillare besteht aus 3 Fotozellen, die entlang der horizontalen Kapillare im Abstand von 4mm angebracht sind. Ein Lichtstrahl wird auf die Kapillare projiziert und vom zurückweichenden Probenmeniskus auf die Fotosensoren reflektiert. Das Maximum des Signals eines jeden Sensors und das Zeitintervall zwischen den Maxima wird registriert. Diese stellt das Maß für die Flussrate dar. Über einen Vergleich der Transitzeit eines definierten Volumens des Suspensionsmediums und der einer exakt gleichen Menge der Erythrocytensuspension wird die Erythrocyten-Verformbarkeit ausgedrückt. Diese Methode hat den Vorteil, zwischen Erythrocyten-Transitzeit und Filter-Okklusion (z.B. durch Leukocyten) unterscheiden zu können. Ein Nachteil mag sein, dass derzeit noch nicht genügend Erfahrungen mit dieser Technik vorliegen.

Eine elegante, aber aufwendige Methode, daher nur zur Grundlagenforschung geeignet, ist die Micropipette-Technik [100,170,102]. In eine Glaspipette mit je nach Experiment unterschiedlichem Durchmesser wird ein Erythrocyt angesaugt. Nun kann entweder bei einem

der Passage durch einen engen Stroemungskanal (Durchmesser $\approx 7.5\mu\text{m}$) stoeren die Erythrocyten ein zwischen Ueber- und Unterkammer angelegtes elektrisches Wechselfeld. Die Zeit der Stoerungen entspricht der Passagezeit der einzelnen Erythrocyten durch die Pore. 250 Durchtrittszeiten werden jeweils gemittelt und als mittlere Passagezeit eines Kollektivs ausgegeben. Noch ist es jedoch nicht gelungen, einige technische Probleme zu loesen, so dass das SER nicht im Handel erhaeltlich ist.

Der Vorlaeufer der hier benutzten Filtrationsmethode ist die Vollblutfiltration [128]. Antikoaguliertes Nativblut wird mit einem negativen konstanten Druck von 2000 Pa ($\approx 20\text{cm}$ Wassersaeule) durch ein Nucleopore-Filter gesogen. Der Verformungs-Index wird entweder als Durchfluss-Zeit oder als die in einer Minute gefilterte Probenmenge angegeben.

Eine Neuentwicklung auf dem Sektor der Filtrationsmethoden ist das St.-George's-Filtrometer. Das Nucleopore-Filter ist darin senkrecht in einer Kammer mit drei Ausgaengen aufgestellt, von denen einer zur Messkapillare, der andere zur Einfuelloeffnung und der dritte zum Abfluss fuehrt, der ueber einen Hahn Verbindung zu einem

Vorratsgefäß mit konstantem Flüssigkeitsspiegel (2cm Wassersäule = 200Pa Druck) hat. Die Messkapillare besteht aus 3 Fotozellen, die entlang der horizontalen Kapillare im Abstand von 4mm angebracht sind. Ein Lichtstrahl wird auf die Kapillare projiziert und vom zurückweichenden Probenmeniskus auf die Fotosensoren reflektiert. Das Maximum des Signals eines jeden Sensors und das Zeitintervall zwischen den Maxima wird registriert. Diese stellt das Maß für die Flussrate dar. Über einen Vergleich der Transitzeit eines definierten Volumens des Suspensionsmediums und der einer exakt gleichen Menge der Erythrocytensuspension wird die Erythrocyten-Verformbarkeit ausgedrückt. Diese Methode hat den Vorteil, zwischen Erythrocyten-Transitzeit und Filter-Okklusion (z.B. durch Leukocyten) unterscheiden zu können. Ein Nachteil mag sein, dass derzeit noch nicht genügend Erfahrungen mit dieser Technik vorliegen.

Eine elegante, aber aufwendige Methode, daher nur zur Grundlagenforschung geeignet, ist die Micropipette-Technik [100,170,102]. In eine Glaspipette mit je nach Experiment unterschiedlichem Durchmesser wird ein Erythrocyt angesaugt. Nun kann entweder bei einem

konstanter Unterdruck die Zeit gemessen werden, die zum kompletten Einsaugen der Zelle noetig ist, oder die Laenge der angesaugten Erythrocytenzunge bestimmt werden oder der Unterdruck gemessen werden, der zum Ansaugen der Zelle bzw. eines definierten Zellteiles notwendig ist. Zusaetzlich besteht die Moeglichkeit zu beobachten, ob eine eirimal angesaugte Zunge nach Verlassen der Micropipette wieder in die bikonkave Ruheform zurueckkehrt und wie lange dies dauert [59]. Die Ergebnisse dieser Methode liefern zwar Aussagen ueber Membranelastizitaet, -flexibilitaet und -viskoelastizitaet eines einzelnen Erythrocyten (und sind daher fuer den klinischen Bereich nicht von Interesse), jedoch gibt diese Technik weder Aufschluesse ueber die Viskositaet des Zellinhalts noch entsprechen die angewandten deformierenden Kraefte physiologischen Verhaeltnissen [143].

4.3.4. Erythrocyten-Aggregation

Fuer die vorliegenden Untersuchungen wurde ein MYRENNE Erythrocyten-Aggregometer verwendet, das auf eine Entwicklung von ZIJLSTRA [179] zurueckgeht. Ein Kegel-Platte-System aus transparentem Plexiglas wird mit einem Infrarotlicht-Signal durchstrahlt. Die Blutprobe (antikoaguliert und gut durchmischt, siehe 4.2.1.) wird in dieser Messkammer einer konstanten hohen Schergeschwindigkeit $\dot{\gamma} = 660 \text{ 1/s}$ ausgesetzt und dann ganz ploetzlich abgebremst ($\dot{\gamma} = 0$). Waehrend der Scherung ist die von einer Diode gemessenen Lichtdurchlaessigkeit durch die Probe am geringsten, weil alle Erythrocyten infolge der hohen Scherkraefte desaggregiert sind. Beim Stoppen der Scherung bilden sich sofort Primaeraggregate aus, und die Intensitaet des transmittierten Lichtes nimmt dementsprechend zu. Diese Transmissionszunahme kann in einer graphischen Kurve dargestellt werden ("Syllektogramm"[179]). Die Flaechen unter der Exponentialkurve dient der elektronischen Weiterverarbeitung als Mass fuer die Erythrocyten-Aggregation.

In der vorliegenden Arbeit wurde zu Beginn jeder Messung der Leerwert bei nicht gefuellter Kammer als

Referenzwert fuer die eingestrahlte Intensitaet gemessen. Anschliessend wurde die Kammer mit 30ul gut durchmischten Blutes gefuellt, wobei der Tropfen auf die Kegelspitze gegeben wurde, ohne dass Luftblasen entstanden. Dann wurde der Kegel in schnelle Rotation versetzt, nach einer Minute gestoppt und die Mess-Ergebnisse nach digitaler Verarbeitung ausgegeben. Die Bestimmung jeder Blutprobe wurde insgesamt viermal durchgefuehrt und aus den vier Werten die resultierende Erythrocyten-Aggregation gemittelt (dimensionslos). Der Normbereich fuer das hier benuetzte Geraet liegt bei $11.8 (\pm 2.4)$.

Dieses Geraet ist einfach zu bedienen, auf laengere Sicht billig in der Anschaffung und liefert schnelle Ergebnisse. Die Reinigung ist problemlos auszufuehren [94]. Doch muss betont werden, dass die Methode auch Nachteile hat. Gut reproduzierbare Werte, die eine deutliche Unterscheidung zwischen pathologischen und nicht-pathologischen Ergebnissen zulassen, liefert das Geraet nur bei Raumtemperatur (keine eingebaute Temperatur-Kontrolle!) und Einhaltung des zweistueendigen Intervalls zwischen Blutentnahme und Messung. Was eigentlich interessiert, naemlich die Kraft, mit der Aggregate zusammenhalten, wird nicht

gemessen. Bestimmt werden Ausmass und Geschwindigkeit der Aggregation. Neben der Temperatur- besteht ausserdem eine Haematokrit-Abhaengigkeit der Messungen, die weder experimentell noch rechnerisch eliminierbar ist [59].

Ein grober Indikator fuer die Erythrocyten-Aggregation kann die Blut-Senkungs-Geschwindigkeit (BSG) sein. Insbesondere wenn die Probe auf einen konstanten Haematokrit eingestellt wird, ist sie fuer klinische Zwecke brauchbar. Dann zeigt sich auch eine Korrelation zwischen BSG und MYRENNE-Aggregometer [94]. Bei identischen Proben unter Verwendung von EDTA als Antikoagulanz fanden auch ERNST et al. [unveroeffentlichte Ergebnisse]. eine sehr gute Korrelation zwischen BSG und Erythrocyten-Aggregation.

Eine andere Moeglichkeit, die Erythrocyten-Aggregation zu messen, bietet eine viskosimetrische Technik [54]. Dabei wird die zu bestimmende Probe in einem Rotationsviskosimeter einer konstanten Schergeschwindigkeit von 2.4 1/s ausgesetzt. Bald nach Beginn der Rotation erreicht die zeitabhaengige Schubspannung ein Maximum und faellt innerhalb von Sekunden auf einen gleichbleibenden Wert (baseline).

Wird die graphisch gegen die Zeit aufgetragen, so entsteht eine Fläche "F" zwischen der baseline und der Schubspannung. Das Maximum der Schubspannung spiegelt, wie aus Experimenten zu schliessen ist, die Erythrocyten-Aggregation wider, die sich unter Einwirkung dieser Schergeschwindigkeit bald rückbildet. Dies reflektiert den verminderten Widerstand gegen Scherung infolge von Desaggregation, Phasentrennung und Erythrocyten-Orientations. Die Fläche "F" kann also als dynamisches Mass fuer die Erythrocyten-Aggregation gelten, wie auch in [156] beschrieben. Wenn die Schergeschwindigkeit der Blutprobe genau kontrolliert wird, was jedoch Probleme bereitet, ist "F" reproduzierbar und zeigt eine direkte Korrelation mit den Werten, die z.B. im MYRENNE-Aggregometer gemessen werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Anschaffungskosten fuer ein Aggregations-Messgarnet entfallen und nur eine Kurven-Aufzeichnungs-Vorrichtung das schon vorhandene Rotationsviskosimeter ergaenzen. Jedoch sind weitere Untersuchungen noetig, um das Phaenomen "F" aufzuklaeren und die viskosimetrische Technik zu einer praktikablen Methode zu machen.

Dies gilt auch fuer andere, bisher mehr theoretisch interessante Vorschlaege zur Quantifizierung der Erythrocyten-Aggregation. Sowohl die direkt mikroskopische Beobachtung [119] als auch die "korrigierte Halbwertszeit der Bildungskonstanten" [141] weisen in der klinischen Anwendung Nachteile auf.

4.3.5. Haematokrit

Fuer diese Bestimmung wurde in der vorliegenden Untersuchung die Methode, wie u.a. bei FABIANO[60] beschrieben, angewandt. Die Proben wurden nach der Blutviskositäts-Bestimmung direkt aus der Mess-Kammer entnommen, um den tatsächlichen Haematokritwert der gesuchten Probe zu erhalten, und 20 Minuten bei 3000g zentrifugiert. Bei Dreifach-Bestimmung wurde wie ueblich die Packungsdichte der Erythrocyten in einem Glasrohrchen gemessen und der Haematokrit gemittelt, indem die Erythrocytensäule mit der Gesamt-Fluessigkeitssäule ins Verhaeltnis gesetzt wurde. Als moegliche Fehlerquelle muss dabei beruecksichtigt werden, dass steife und grosse Zellen bzw. eingeschlossenes Plasmavolumen ("trapped plasma") den Haematokrit-Wert falsch hoch erscheinen lassen.

4.4. Statistische Verfahren:

Um in der hier vorliegenden Arbeit die statistische Signifikanz vermuteter Unterschiede zwischen Vegetarier- und Nicht-Vegetarier-Gruppe zu prüfen, wurde für die Vergleiche der beiden Stichproben der unpaarige STUDENT-t-Test angewendet. Lag jedoch keine GAUSS'sche Normalverteilung vor, so kam der nicht-parametrische U-Test zur Anwendung. Die Nullhypothese, dass die Differenz zwischen den beiden Gruppen zufallsbedingt sei, wurde verworfen, wenn für den errechneten t-Wert $p < 0.05$ war. Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) wurden in üblicher Weise errechnet. Die in Text, Tabellen und Abbildungen für Gruppen angegebenen Werte sind Mittelwerte ± 1 Standardabweichung [167].

5. ERGEBNISSE

5.1. Vergleich Vegetariiergruppe mit Kontrollgruppe

5.1.1. Haemorheologische Parameter

Um zu sehen, ob eine vegetarische Ernährung bzw. Lebensweise Auswirkungen auf die Blut-Fliesseigenschaften habe, wurden im Folgenden die Werte der Vegetarier mit denen der Nicht-Vegetarier verglichen. In Tabelle 5 findet sich die Erklärung der verwendeten Abkuerzungen.

Tabelle 5: Erklärung der verwendeten Abkuerzungen

Parameter	Abkuerzung	Dimension
Blutviskosität 1	BV1 ($\tau = 0.42$)	mPas
Blutviskosität 2	BV2 ($\tau = 1.68$)	mPas
Blutviskosität 3	BV3 ($\tau = 4.22$)	mPas
Blutviskosität 4	BV4 ($\tau = 8.43$)	mPas
Blutviskosität 5	BV5 ($\tau = 16.86$)	mPas
Schubspannung	τ	dyn/cm ²
Haematokrit	Hk	%
Blutviskosität 1 bei Hk45%	stBV1 (0.42)	mPas
Blutviskosität 2 bei Hk45%	stBV2 (1.68)	mPas
Blutviskosität 3 bei Hk45%	stBV3 (4.22)	mPas
Blutviskosität 4 bei Hk45%	stBV4 (8.43)	mPas
Blutviskosität 5 bei Hk45%	stBV5 (16.86)	mPas
Plasmaviskosität	PV	mPas
Erythrocyten-Filterabilität	EF	
Erythrocyten-Aggregation	EA	
Fließpunkt	FP	dyn/cm ²
Frauen	F	

Maenner	M
Fallzahl	n
Wahrscheinlichkeit	p
nicht signifikant	n. s.

In der folgenden Tabelle wurden die haemorheologischen Ergebnisse der Vegetarier denen der Nicht-Vegetarier gegenuebergestellt und auf statistische Signifikanz geprueft.

Tabelle 6: Vergleich Vegetarier mit Kontrollgruppe (Abkuerzungen siehe 5.1.1., Tab.5)

Parameter	Vegetarier (n=48)		Kontrolle (n=41)		Signifikanz	
	x	s	x	s		
BV1	19.4	21.0	25.2	22.8	n. s.	
BV2	6.2	1.3	7.7	2.5	p(0.01	
BV3	4.7	0.8	5.2	0.9	p(0.01	
BV4	4.1	0.6	4.5	0.7	p(0.01	
BV5	3.8	0.6	4.1	0.6	p(0.05	
Hk F (n=24):	41.0	2.4	(n=12):	42.4	3.2	n. s.
M (n=24):	46.3	2.5	(n=29):	47.6	2.6	p(0.05
stBV1	25.2	40.3	22.5	19.1	n. s.	
stBV2	6.4	1.1	7.2	1.7	p(0.01	
stBV3	4.8	0.6	4.9	0.4	n. s.	
stBV4	4.2	0.5	4.3	0.4	n. s.	
stBV5	3.9	0.4	4.0	0.3	n. s.	
PV	1.16	0.04	1.18	0.05	p(0.05	

EF	0.70	0.10	0.68	0.20	n. s.
EA	12.4	4.0	11.8	3.0	n. s.
FP	0.2	0.1	0.2	0.1	n. s.

Wie aus Tabelle 6 ersichtlich, war die Blutviskosität im unteren Schubspannungsbereich nicht signifikant unterschiedlich. Dagegen zeigten die Werte bei mittlerer und hoher Schubspannung Signifikanz. Nach Umrechnung dieser Werte auf den Standard-Haematokrit 45% allendings besaßen Vegetarier nur fuer die mittlere Schubspannung 1.68 dyn/cm^2 signifikant niedrigere Werte (siehe Abb. 1).

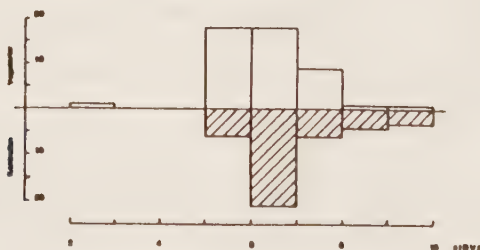


Abbildung 1: Graphische Darstellung des Blutviskositätsvergleiches bei $\tau = 1.68 \text{ dyn/cm}^2$ und Hk 45%

Der Vergleich der Haematokritwerte zeigte, dass die 24 vegetarischen gegenüber den 12 nicht-

vegetarischen Frauen keine signifikanten Abweichungen aufweisen. Dagegen waren die Haematokritwerte der 24 vegetarischen gegenüber denen der 29 nicht-vegetarischen Maennern signifikant hoeher (siehe Abb.2).

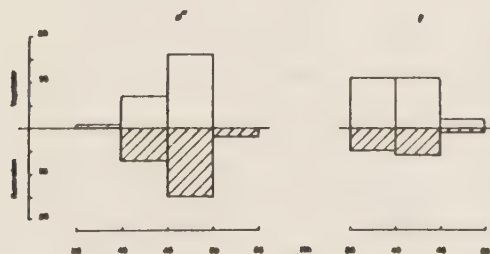


Abbildung 2: Graphische Darstellung des Haematokrit-Vergleiches

Der Vergleich der Plasnaviskositaet ergab, dass Vegetarier signifikant niedrigere Werte aufweisen als die nicht-vegetarische Kontrollgruppe (siehe Abb.3).

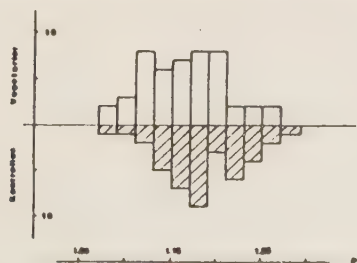


Abbildung 3: Graphische Darstellung des Plasnaviskositaetsvergleiches

Die Erythrocyten-Parameter Filterabilitaet und Aggregation waren in beiden Gruppen nicht signifikant verschieden, desgleichen der Fliesspunkt.

5.1.2. Nicht-haemorheologische Parameter

Tabelle 7: Vergleich der Routinelabor-Werte der Vegetarier mit Normbereichen (Abkuerzungen siehe 4.2.2., Tab.4)

Parameter	$\bar{x}$	(Min - Max)	s	Normbereich
Fe	89.3	(13 - 166)	36.7	80 - 180
Ferr	53.7	(5 - 240)	50.2	30 - 300
EW	6.9	(6.1 - 7.5)	0.3	6.5 - 8.5
Chol	183.8	(126 - 253)	33.9	- 260
Tri	88.9	(31 - 209)	39.1	50 - 200
Leuko	5.3	(3.4 - 7.9)	1.3	3.5 - 11.0
Ery	F (n=24): 4.4	(4.0 - 5.0)	0.3	4.2 - 5.4
	M (n=24): 4.9	(4.4 - 5.5)	0.3	4.6 - 6.2
Hb	F (n=24): 12.9	(10.6 - 14.7)	1.0	12 - 16
	M (n=24): 14.9	(13.1 - 16.2)	0.9	14 - 18
MCV	87.5	(72 - 95)	4.7	80 - 97
Thrombo	185.8	(98 - 286)	41.8	150 - 390
Fgen	231.9	(130 - 370)	49.1	150 - 300
RRsyst	110	(90 - 130)	9	110 - 130
RRdiast	73	(60 - 90)	7	70 - 90

Zu den nicht-haemorheologischen Parametern gehoerten solche, die bei beiden Gruppen bestimmt worden waren wie Blutdruck, BROCA-Index und Grad der koerperlichen Aktivitaet bzw. die Kriterien zur Angleichung der

Vegetarier- und der Kontrollgruppe (siehe 4.1.1. und 4.1.2.), und solche, die mittels Fragebogen und laborchemischen Untersuchungen nur bei den vegetarischen Probanden erhoben wurden. Diese letzteren Ergebnisse sind in Tabelle 7 den jeweiligen Normbereichen gegenübergestellt (wobei auch der jeweils höchste und niedrigste Messwert angegeben wurden).

Wie aus der obigen Tabelle zu ersehen ist, lagen die Mittelwerte der Vegetarier-Gruppe bei allen Parametern im Normbereich. Wohl waren aber einzelne vegetarische Probanden dabei, die nach oben und unten daraus abwichen. Die Mehrzahl hingegen besaß Werte, vor allem beim kleinen Blutbild (Anzahl der Erythrocyten, Leukocyten und Thrombocyten), die in der unteren Hälfte des Normbereiches lagen. Fibrinogen und Gesamt-Eiweiß waren im Mittel völlig unauffällig, während Eisen- und Ferritin-Serumspiegel grenzwertig niedrig waren, ebenso Cholesterin- und Triglycerid-Werte. Die ursprünglich vorgesehene HDL-(high-density-lipoprotein-) bzw. LDL-(low-density-lipoprotein-) Bestimmung musste aus organisatorischen Gründen aufgegeben werden.

Bei der Gruppe der Vegetarier fand sich ein Mittelwert von 110mmHg (± 9) systolischen und von 73mmHg (± 7) diastolischen Blutdruckes. Beide lagen damit signifikant ($p(0.01)$) unter den fuer die Kontrollgruppe ermittelten RR-Werten ($RR_{syst} = 126 \pm 12\text{mmHg}$, $RR_{diast} = 80 \pm 9\text{mmHg}$).

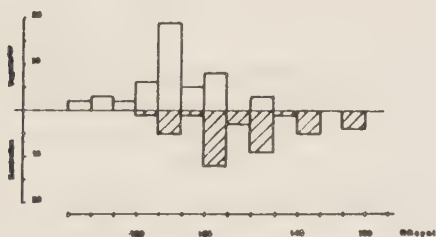


Abbildung 4: Vergleich des systolischen Blutdruckes von Vegetariern und Nicht-Vegetariern

Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf Eigenangaben der Probanden. Laut Befragung liess sich bei den Nicht-Vegetariern hinsichtlich des Konsums von Alkohol keine signifikante Abweichung von den Trinkgewohnheiten der Vegetarier feststellen.

Was die Dauer der Ernährungsumstellung anging, ernährten sich diese im Mittel seit 3.5 Jahren fleischlos.



Abbildung 5: Graphische Darstellung der Dauer der vegetarischen Ernährung

Der BROCA-Index (Berechnung siehe 4.1.1.) als Bezugssystem fuer Uebergewicht war fuer Vegetarianer mit $0.9 (\pm 0.1)$ signifikant niedriger als bei der Kontrollgruppe (1.0 ± 0.1).

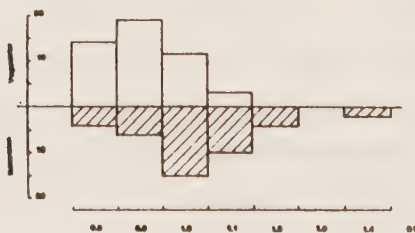


Abbildung 6: Vergleich des BROCA-Indexes

Nach ihrer subjektiven Einschätzung der sportlichen Betätigung waren die Vegetarier (1.4 ± 1.3 Stunden/Tag) im Durchschnitt körperlich deutlich aktiver ($p(0.01)$) als die nicht-vegetarischen Kontroll-Personen (0.6 ± 0.5 Stunden/Tag).

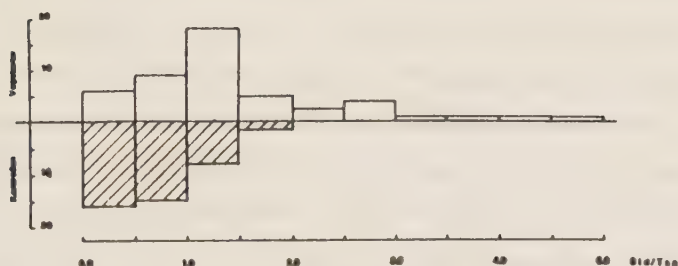


Abbildung 7: Vergleich der körperlichen Aktivität

Die im Fragebogen angebotene Selbsteinschätzungs-Skala fuer "Stress" (gemeint waren aussergewöhnliche psychische Belastungssituationen, was von den Probanden - soweit beurteilbar - richtig aufgefasst wurde) war zu wenig genau und aufgegliedert, wie sich bei der Ausarbeitung der Resultate zeigte. Sie wurden daher nicht zur statistischen Auswertung herangezogen.

Dasselbe galt fuer die weiteren Punkte des Fragebogens. Es liessen sich weder Trends noch

eindeutige Zusammenhaenge sowohl inter- als auch intra-individuell aufzeigen. Trotz Zusicherung der Anonymitaet antworteten verschiedene Probanden ausweichend oder gar nicht.

Auf die letzte Frage nach den Gruenden fuer die Ernaehrungsumstellung gaben von 39 Vegetariern (9 antworteten darauf nicht) 33% (n=16) ethisch-moralische Gruende an, waehrend 29% (n=14) politische und 44% (n=21) gesundheitliche Motive anfuehrten. (Mehrfachnennungen waren moeglich, so dass 125% resultierten.)

Bei der Pruefung auf Korrelation zwischen den Parametern konnten keine statistischen Abhaengigkeiten erkannt werden.

5.2. Ergebnisse der Semi-Vegetarier-Untergruppe

Um den Einfluss einer eingeschränkten Aufnahme von tierischem Protein genauer zu untersuchen, wurden die vegetarischen Probanden in drei Untergruppen eingeteilt (siehe 4.1.1., Tab.2). Die Anzahl der an dieser Untersuchung teilnehmenden Semi-Vegetarier (n=15) war fuer einen statistischen Vergleich mit der Kontrollgruppe (n=41) nicht gross genug. Da jedoch ein Trend zur Verbesserung der haemorheologischen Werte mit geringerer Aufnahme von tierischem Protein zu beobachten war, sollen die Ergebnisse fuer die Semi-Vegetarier-Untergruppe in Form von Mittelwert und Standardabweichungen gegenuebergestellt werden.

5.2.1. Haemorheologische Parameter

Tabelle 8: Gegenueberstellung Semi-Vegetarier und Kontrollgruppe (Abkuerzungen siehe 5.1.1., Tab.5)

Parameter	Semi-Vegetarier		Kontrollgruppe	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
BV1	13.4	4.3	25.2	22.8
BV2	7.1	1.3	7.7	2.5
BV3	4.9	0.5	5.2	0.9

BV4	4.2	0.4	4.5	0.7
BV5	4.0	0.5	4.1	0.6
Hk	F (n=7):43.0 M (n=8):47.0	2.4 1.8	(n=12):42.4 (n=29):47.6	3.2 2.6
stBV1	12.9	3.6	22.5	19.1
stBV2	6.3	0.6	7.2	1.7
stBV3	4.8	0.2	4.9	0.4
stBV4	4.2	0.2	4.3	0.4
stBV5	4.0	0.3	4.0	0.3
PV	1.18	0.04	1.18	0.05
EF	0.72	0.09	0.68	0.20
EA	13.1	3.3	11.8	3.0
FP	0.2	0.1	0.2	0.1

5.2.2. Nicht-haemorheologische Parameter

Tabelle 9: Vergleich der Routinelabor-Werte der Semi-Vegetarier mit Normbereichen (Abkuerzungen siehe 4.2.2., Tab. 4)

Parameter	$\bar{x}$	(Min - Max)	s	Normbereich
Fe	97.3	(33- 166)	37.6	80 - 180
Ferr	48.9	(15- 113)	26.8	30 - 300
EW	7.0	(6.6- 7.5)	0.3	6.5 - 8.5
Chol	205.3	(151- 253)	28.8	- 260
Tri	102.5	(55- 209)	44.0	50 - 200
Leuko	5.8	(3.6- 7.9)	1.3	3.5 - 11.0
Ery	F (n=7): 4.5 M (n=8): 5.0	(4.1- 4.7) (4.6- 5.5)	0.2 0.3	4.2 - 5.4 4.6 - 6.2
Hb	F (n=7): 13.5 M (n=8): 15.2	(11.5-14.7) (14.2-16.2)	1.0 0.7	12 - 16 14 - 18
MCV	88.3	(83- 94)	3.5	80 - 97
Thrombo	175.7	(117- 227)	32.7	150 - 390
Fgen	250.7	(180- 370)	55.7	150 - 300
RRsyst	115	(105- 130)	10	110 - 130
RRdiast	74	(60- 90)	9	70 - 90

5.3. Vergleich Ovo-Lacto-Vegetarier-Untergruppe mit Kontrollgruppe

5.3.1. Haemorheologische Parameter

In der folgenden Tabelle werden die Ergebnisse der Ovo-Lacto-Vegetarier-Untergruppe mit denen der nicht-vegetarischen Kontrollgruppe verglichen und auf statistische Signifikanz geprüft.

Tabelle 10: Vergleich der haemorheologischen Parameter zwischen Ovo-Lacto-Vegetariern und Kontrollgruppe (Abkuerzungen siehe 5.1.1., Tab.5)

Parameter	Ovo-Lacto-V. (n=28)		Kontrolle (n=41)		Signifikanz
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
BV1	24.0	26.5	25.2	22.8	n. s.
BV2	5.9	1.4	7.7	2.5	p(0.01
BV3	4.5	0.8	5.2	0.9	p(0.01
BV4	3.9	0.7	4.5	0.7	p(0.01
BV5	3.7	0.6	4.1	0.6	p(0.01
HK F (n=14)	39.9	1.7	(n=12) 42.4	3.2	p(0.01
M (n=14)	45.8	2.6	(n=29) 47.6	2.6	p(0.01
stBV1	34.1	51.2	22.5	19.1	n. s.
stBV2	6.4	1.1	7.2	1.7	p(0.05
stBV3	4.8	0.7	4.9	0.4	n. s.
stBV4	4.2	0.6	4.3	0.4	n. s.

stBV5	3.9	0.5	4.0	0.3	n.s.
PV	1.15	0.04	1.18	0.05	p(0.01
EF	0.70	0.11	0.68	0.15	n.s.
EA	12.5	4.6	11.8	3.0	n.s.
FP	0.2	0.1	0.1	0.1	n.s.

Bei den Ovo-Lacto-Vegetariern blieb die Blutviskosität nach Standardisierung auf einen Haematokrit von 45% nur im mittleren Schubspannungsbereich (1.68 dyn/cm^2) signifikant niedriger als bei der Kontrollgruppe. Die Blutviskositätswerte bei hoher Schubspannung waren fuer Nicht-Vegetarier durch die Umrechnung nicht mehr signifikant hoeher, die bei niederen zeigten auch danach keine signifikanten Unterschiede zwischen Ovo-Lacto-Vegetariern und Nicht-Vegetariern.

Beim Haematokrit bestaetigte sich die Tendenz einer deutlicher werdenden Unterschiedlichkeit zwischen Ovo-Lacto-Vegetariern und Kontrollgruppe. Die weiblichen als auch die maennlichen Ovo-Lacto-Vegetarier hatten niedrigere Haematokritwerte als die nicht-vegetarischen Frauen und Maenner der Vergleichsgruppe.

Die Plasmaviskosität war für die Untergruppe Ovo-Lacto-Vegetarier gegenüber der Kontrollgruppe signifikant niedriger, wobei der Unterschied deutlicher ($p(0.01)$) war als beim Vergleich zwischen Vegetariern allgemein und Nicht-Vegetariern ($p(0.05)$).

Sowohl Erythrocyten-Filterabilität als auch Erythrocyten-Aggregation zeigten im Untergruppen-Vergleich keine signifikanten Unterschiede, ebenso die Fließpunkts-Bestimmung.

5.3.2. Nicht-haemorheologische Parameter

In Tabelle 11 folgt eine Gegenueberstellung der Routinelabor-Daten der Ovo-Lacto-Vegetarier-Untergruppe (wobei auch der niedrigste und der hoechste Messwert angegeben werden) und der Normbereiche.

Tabelle 11: Vergleich der Routinelabor-Werte der Ovo-Lacto-Vegetarier mit Normbereichen (Abkuerzungen siehe 4.2.2., Tab.4)

Parameter	$\bar{x}$	(Min - Max)	s	Normbereich
Fe	86.4	(19- 162)	38.5	80 - 180
Ferr	54.9	(5- 240)	60.5	30 - 300
EW	6.8	(6.1- 7.5)	0.4	6.5 - 8.5
Chol	176.1	(126- 238)	30.4	- 260
Tri	85.2	(31- 164)	36.8	50 - 200
Leuko	5.1	(3.4- 7.9)	1.2	3.5 - 11.0
Ery	F (n=14): 4.3 M (n=14): 4.9	(4.0- 5.0) (4.4- 5.3)	0.3 0.3	4.2 - 5.4 4.6 - 6.2
Hb	F (n=14): 12.7 M (n=14): 14.9	(10.6-14.2) (13.1-15.8)	0.9 0.9	12 - 16 14 - 18
MCV	86.7	(75- 95)	5.3	80 - 97
Thrombo	192.6	(98- 286)	46.0	150 - 390

Fgem	221.4	(130- 300)	43.9	150 - 300
RRsyst	109	(90- 120)	8	110 - 130
RRdiast	74	(60- 85)	7	70 - 90

Bei einem Vergleich der Gesamtgruppe der Vegetarier mit der Untergruppe der Ovo-Lacto-Vegetarier ergaben sich keine signifikanten Veränderungen der Werte. Trotzdem zeigten alle Parameter (ausser Anzahl der Thrombocyten und Ferritin-Serumspiegel) eine gewisse Tendenz zu niedrigeren Ergebnissen. Dieser Trend fand sich auch fuer koerperliche Bewegung (1.6 ± 1.4 Stunden/Tag).

BROCA-Index (0.9 ± 0.1) und Dauer der ovo-lacto-vegetarischen Ernährungsumstellung (3.5 ± 3.2 Jahre) aenderten sich nicht.

5.4. Ergebnisse der Veganer-Untergruppe

An dieser Untersuchung nahmen fuenf Veganer teil. Eine statistische Auswertung, die ueber Errechnung von Mittelwert und Standardabweichung hinausging, war nicht moeglich. Es folgt daher nur die Auflistung der Mittelwerte und Standardabweichungen.

5.4.1. Haemorheologische Parameter

Tabelle 12: Gegenueberstellung Veganer und Kontrollgruppe (Abkuerzungen siehe 5.1.1., Tab.5)

Parameter	Veganer (n=5)		Kontrollgruppe (n=41)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
BV1	11.1	3.6	25.2	22.8
BV2	6.8	1.5	7.7	2.5
BV3	5.1	0.7	5.2	0.9
BV4	4.3	0.5	4.5	0.7
BV5	4.0	0.4	4.1	0.6
Hk F (n=2):	41.0	0.0	(n=12):	42.4
M (n=3):	45.3	3.8	(n=29):	47.6
stBV1	11.8	3.4	22.5	19.1
stBV2	6.9	1.0	7.2	1.7
stBV3	5.4	0.5	4.9	0.4

stBV4	4.5	0.2	4.3	0.4
stBV5	4.1	0.2	4.0	0.3
PV	1.18	0.05	1.18	0.05
EF	0.67	0.08	0.68	0.20
EA	10.0	1.9	11.8	3.0
FP	0.2	0.2	0.2	0.1

5.4.2. Nicht-haemorheologische Parameter

Tabelle 13: Vergleich der Routinelabor-Werte der Veganer mit Normbereichen (Abkuerzungen siehe 4.2.2., Tab.4)

Parameter	$\bar{x}$	(Min- Max)	s	Normbereich
Fe	82.0	(54- 108)	22.0	80 - 180
Ferr	61.6	(16- 130)	47.0	30 - 300
EW	6.9	(6.5- 7.2)	0.3	6.5 - 8.5
Chol	162.2	(134- 231)	40.6	- 260
Tri	69.2	(39- 112)	26.5	50 - 200
Leuko	5.2	(3.4- 6.8)	1.5	3.5 - 11.0
Ery	F (n= 2): 4.4 M (n= 3): 4.8	(4.2- 4.5) (4.4- 5.1)	0.2 0.4	4.2 - 5.4 4.6 - 6.2
Hb	F (n= 2): 12.7 M (n= 3): 14.6	(12.3-13.1) (12.7-15.8)	0.6 1.6	12 - 16 14 - 18
MCV	89.4	(84- 94)	3.8	80 - 97
Thrombo	177.4	(123- 235)	42.3	150 - 390
Fgen	240.0	(180- 300)	50.0	150 - 300
RRsyst	105	(90- 120)	11	110 - 130
RRdiast	71	(65- 80)	7	70 - 90

Die Vitamin B12-Bestimmung, die nur bei den Veganern durchgefuehrt wurde, ergab fuer einen davon 146pg/ml,

die anderen lagen mit ihren Ergebnissen im
Normbereich von 220 - 940pg/ml.

5.5. Vergleich der Vegetarier-Untergruppen bezüglich haemorheologischer Parameter

Um den Einfluss der unterschiedlich strikten Einhaltung einer vegetarischen Ernährung/Lebensweise auf die Blutfließeigenschaften zu dokumentieren, werden in der nachfolgenden Tabelle die haemorheologischen Parameter der Untergruppen einander gegenübergestellt.

Tabelle 12: Haemorheologische Parameter in den 3 Untergruppen (Abkuerzungen siehe 5.1.1., Tab.5)

Parameter	Semi-V. (n=15)		Ovo-Lacto-V. (n=28)		Veganer (n= 5)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
BV1	13.4	4.3	24.0	26.5	11.1	3.6
BV2	7.1	1.3	5.9	1.4	6.8	1.5
BV3	4.9	0.5	4.5	0.8	5.1	0.7
BV4	4.2	0.4	3.9	0.7	4.3	0.5
BV5	4.0	0.5	3.7	0.6	4.0	0.4
Hk F (n=7)	43.0	2.4	(14)39.9	1.7	(2)41.0	0.0
M (n=8)	47.0	1.8	(14)45.8	2.6	(3)45.3	3.8
stBV1	12.9	3.6	34.1	51.2	11.8	3.4
stBV2	6.3	0.6	6.4	1.1	6.9	1.0
stBV3	4.8	0.2	4.8	0.7	5.4	0.5
stBV4	4.2	0.2	4.2	0.6	4.5	0.2

stBV5	4.0	0.3	3.9	0.5	4.1	0.2
PV	1.18	0.04	1.15	0.04	1.18	0.05
EF	0.72	0.09	0.70	0.11	0.67	0.08
EA	13.1	3.3	12.5	4.6	10.0	1.9
FP	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2
RRsyst	115	10	109	8	105	11
RRdiast	74	9	74	7	71	7

6. DISKUSSION

Wie die hier vorgestellten haemorheologischen Untersuchungen an Vegetariern zeigen, unterscheiden sich die Ergebnisse von denen der nicht-vegetarischen Kontrollgruppe. Versucht man, eine Erklerung dafuer zu finden, so scheidet die Selektion der Probanden mit grosser Wahrscheinlichkeit dafuer aus. Beide Kollektive sind in Bezug auf Alters- und Geschlechtsverteilung beziehungsweise Rauchgewohnheiten vergleichbar, so dass diese haemorheologisch relevanten Faktoren nicht ins Gewicht fallen. Hinsichtlich der koerperlichen Bewegung zeigt sich jedoch eine signifikant hoehere Aktivitaet der Vegetarier. Da fuer sportliches Langzeit-Training ein die Blutfliesseigenschaften verbessernder Effekt nachgewiesen ist [58], muss dieser Befund hier beruecksichtigt werden, denn er koennte als Teilursache fuer die bessere Blut-Rheologie bei Vegetariern in Betracht kommen. Ein Versuch, sie einer ihr auch in Hinsicht auf sportliche Aktivitaet angeglichenen Gruppe von Nicht-Vegetariern gegenueberzustellen, war nicht durchfuehrbar. Koerperliche Bewegung scheint im Allgemeinen mehr im

vegetarischen Lebensstil integriert zu sein als in dem gleichalter, nicht-vegetarischer Kontroll-Personen. Jedoch reicht die bessere koerperliche Aktivitaet der Vegetarier nicht allein zur Erklaerung der haemorheologischen Unterschiede aus.

Der Vergleich des BROCA-Indexes (BI) in dieser Untersuchung bestaetigt, dass Vegetarier im Mittel ein signifikant niedrigeres Gewicht (ihr BI von 0.9 liegt 10% unter dem Normalgewicht, das einem BI von 1.0 entspricht) haben als die Kontrollgruppe (BI von 1.0), ohne aber untergewichtig zu sein. Es liegt nahe, Auswirkungen auf die Blutfluiditaet zu vermuten. Wie WEIHMAYR et al. [171] gezeigt haben, ist jedoch nur extremes Uebergewicht (entsprechend einem BI von 1.4 = 40% ueber Normalgewicht) mit einer Verschlechterung aller gemessenen rheologischen Parameter verbunden. Da der Unterschied zwischen den beiden Kollektiven dieser Arbeit bezueglich koerpergewicht nur 10% betraegt, lassen sich die Unterschiede der rheologischen Ergebnisse trotz Signifikanz nicht allein damit erklaren [165].

Die Anzahl der Probanden beider Gruppen ist gross genug, um statistisch aussagekraeftige Ergebnisse zu erhalten. Dies trifft nicht mehr zu, wenn man die

Vegetarier entsprechend des Konsums von tierischem Protein weiter in Untergruppen aufteilt. So werden die Resultate der Semi-Vegetarier und Veganer ohne weitere Auswertung vorgestellt, um die tendenziell zunehmende Verbesserung der Blutflieesseigenschaften zu zeigen (Semi-Vegetarier → Ovo-Lakto-Vegetarier → Veganer). Einfach ausgedrueckt koennte man sagen: Je strenger jemand vegetarisch lebt, desto fluider ist sein Blut.

Dies ist nicht nur auf den niedrigeren Haematokrit von Vegetariern zurueckzufuehren, von dem auch in anderen Publikationen berichtet wird[38]. Denn sowohl die standardisierte Blutviskositaeet bei mittlerer Schubspannung als auch die Plasnaviskositaeet sind im Vergleich signifikant niedriger. Dass im niederen Schubspannungsbereich die Blutproben von Vegetariern nicht weniger viskoes sind, mag an der angewandten Methode (siehe 4.3.1.) liegen, die im unteren Schubspannungsbereich mit einer grossen Varianz belastet ist. Auf die Blutfluiditaet bei hohen Schubspannungen hat eine vegetarische Lebensweise gemaess den hier vorliegenden Ergebnissen keinen Einfluss. In gestoerter Mikrozyrkulation infolge Atherosklerose (zum Beispiel kardiovaskulaere Stenose

aufgrund vorgeschalteter arteriosklerotischer Veraenderungen) spielen aber niedrigere Schubspannungen infolge haemodynamisch-rheologischer Gesetze die wichtigere Rolle [18].

Die Viskositaet des Plasmas wird massgeblich vom Fibrinogenspiegel bestimmt. Da dieser bei Vegetariern nicht signifikant niedriger als bei einem Normalkollektiv ist, wie auch andere Untersuchungen ergeben [71], kann dies nicht der Grund fuer die guenstigere Plasmaviskositaet sein. Daher muss man davon ausgehen, dass andere Makro-Protein-Konzentrationen im Plasma (wie Immunglobulin M und Alpha2-Makroglobulin, die in der vorliegenden Untersuchung nicht bestimmt wurden, aber bekanntlich einen haemorheologischen Effekt haben) infolge der vegetarischen Ernaehrung gesenkt sind. Eine zusaetzliche Verbesserung der Plasmaviskositaet koennten die niedrigen Lipidspiegel bewirken. Diese Ueberlegung wuerde jedoch nicht mit den Ergebnissen von HARKNESS uebereinstimmen, der keine Abhaengigkeit der Plasmaviskositaet von der Nahrungsaufnahme (z.B. Blutproben prae-/ postprandial) finden konnte [79].

Im Zusammenhang mit einer vegetarischen Diet ist viel ueber die guenstigen Auswirkungen auf Fettwerte

veroeffentlicht worden, insbesondere auf den Cholesterinspiegel [11,30,73,93,97,108,174]. Dabei ueberwiegt eindeutig in der Weltliteratur die Meinung (siehe Uebersicht bei 29), dass die vegetarische Ernaehrungs-/Lebensweise eine guenstige Beeinflussung des HDL-/LDL-Quotienten (sogenannter atherogener Index) mit sich bringt. In der hier vorliegenden Arbeit sind keine Lipoprotein-Bestimmungen vorgenommen worden. Aufgrund der tatsaechlich durchgefuehrten Cholesterin- und Triglycerid-Messungen kann man jedoch die Hypothese aufstellen, dass dieses Phaenomen bestaetigt worden waere. So unterstreichen die Befunde in der Ovo-Lakto-Vegetarier-Untergruppe dieser Arbeit diejenigen Ergebnisse einer juengst veroeffentlichten Untersuchung an 75 Lakto-Vegetariern ueber den Effekt der Fettaufnahme aus Milchprodukten [137] auf Blut-Fettwerte. Diese waren bei den Lakto-Vegetariern die Hauptnahrungsquellen fuer gesaettigte Fettsaeuren und Cholesterin. Der Plasma-Cholesterinspiegel zeigte positive Korrelation mit der Aufnahme von gesaettigten Fettsaeuren und Cholesterin und negative Korrelation mit dem Quotienten vielfach ungesaettigter zu gesaettigten Fettsaeuren. Dementsprechend erhoechten Milchprodukte die LDL-

dreimal mehr als die HDL-Fraktion. In der vorliegenden Untersuchung lassen sich ebenfalls umso niedrigere Cholesterinspiegel feststellen, je strenger vegetarisch ein Proband lebt. Selbst in der Gesamtgruppe der Vegetarier, einschliesslich der Semi-Vegetarier, die gelegentlich tierisches Protein zu sich nehmen, liegt der Cholesterinwert im Mittel immer noch im zur Fraevention der Atherosklerose empfohlenen Bereich von unter 200 mg% [139]. Dass jedoch auch der Ersatz tierischen Proteins durch pflanzliches (Sojabohnen) zur Senkung erhoelter Cholesterinspiegel beitragen kann, hat SIRTORI [146] in einer Studie an 20 Hyperlipoproteinaemie-(Typ II)-Patienten gezeigt, die eine 14%-ige Senkung des Plasma-Cholesterins nach zwei Wochen und eine 21%-ige nach drei Wochen aufwiesen.

Triglycerid-Werte koennen in erster Linie durch Gewichtsreduktion, Verminderung des Alkoholkonsums und Modifikation der Kohlenhydratzufuhr gesenkt werden [168,169]. Die Triglyceridspiegel der hier untersuchten Vegetarier liegen ueberwiegend im niedrigen Normbereich und sind gut erklarbar. Idealgewicht, maessiger Genuss von alkoholischen Getraenken und eine bevorzugte Aufnahme von

Polysacchariden anstelle von Mono-und Disacchariden sind fuer einen vegetarischen Lebensstil charakteristisch [136,137], wenn man vom "Schokoladen-Vegetarismus" Heranwachsender absieht.

In vielen Publikationen werden niedrige Blutdruckwerte bei Vegetariern beschrieben [2,135]. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestaetigen diesen Befund. Eine australische Arbeitsgruppe, die sich in mehreren Studien eingehend mit diesem Phaenomen beschaeftigt hat, konnte bisher den Mechanismus noch nicht erklaren, wie eine vegetarische Ernaehrungs-/Lebensweise den Blutdruck senkt. Strenge Ovo-Lakto-Vegetarier haben niedrigere Blutdruckwerte sowie eine geringere Praevalenz fuer Hochdruck als Nicht-Vegetarier [132,134]. In einer kontrollierten Studie ist weiters gezeigt worden, dass eine ovo-lakto-vegetarische Diaet selbst in normotensiven Probanden den Blutdruck signifikant senken konnte [133]. In Patienten mit mildem Hochdruck, die keine medikamentoesee Behandlung benoetigten, bewirkt eine ovo-lakto-vegetarische Ernaehrung fuer die Dauer der Umstellung einen signifikanten Abfall des systolischen Blutdruckes [110]. Weder verminderte Natrium- noch vermehrte

Kalium-Zufuhr oder Aufnahme groesserer Mengen an Ballaststoffen koennen die Blutdrucksenkung erklaren [109]. Der Antwort auf die Frage, wie die Senkung des Blutdruckes mit der vegetarischen Lebensweise zusammenhaenge, kommt man naeher, sobald man die hier vorgestellten Ergebnisse beruecksichtigt. Da die Viskositaet des Blutes, die gemeinsam mit dem vaskulaeren Widerstand und dem Schlagvolumen den arteriellen Druck bestimmt, bei den hier untersuchten Vegetariern fluessiger ist als bei der Kontrollgruppe, fuehrt dies allein schon bei Konstanz aller anderen Faktoren zum niedrigeren Blutdruck. Von eben dieser Konstanz aller anderen Faktoren kann man jedoch nicht ohne weiteres ausgehen. Es ist eine der Hypothesen dieser Arbeit, gestuetzt auf die vorgelegten Ergebnisse, dass die geringere Blutviskositaet bei den hier untersuchten Vegetariern nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ relevant ist.

Die Eisen- und Ferritin-Serumspiegel der Vegetarier dieser Arbeit lassen tendenziell auf eine latente Minderversorgung schliessen. Dies bleibt jedoch beim hier untersuchten Kollektiv ohne klinisch-pathologisches Korrelat. Eine microcytaere

Eisenmangel-Anaemie ist bei keiner Versuchsperson zu diagnostizieren gewesen. SLATER et al. [148] geben an, dass Erythrocyten bei Eisenmangel in ihrem Patientengut besser filtrierbar seien als normale. Auch dieser Befund kann hier nicht erhoben werden.

Trotz eines bei den Vegetariern im Mittel hoeheren MCV (mittleres korpuskulaeres Erythrocyten-Volumen) als bei den Nicht-Vegetariern, was als besserer Hinweis auf einen latenten Vitamin B12-Mangel als ein niederer Haemoglobinwert gelten kann, ist auch bei den veganischen Probanden dieser Arbeit keine megalocytaere Anaemie festzustellen. Diese manifestiert sich auch bei niedrigen Vitamin B12-Serumwerten erst in einem spaeten Stadium des Mangelzustandes, da die Reserven in der Leber fuer mehrere Jahre einen noch normalen Plasmaspiegel garantieren [121]. In juengster Zeit wird bei Vegetariern von einer intestinalen Vitamin B12-Synthese durch Bakterien des terminalen Ileums ausgegangen [1], sobald die Speicher erschoeppt sind. Es ist denkbar, dass die groesseren Erythrocyten der Vegetarier aufgrund veraenderter Zellgeometrie schlechter filtrierbar sind. Wenn diesem Effekt Rechnung getragen wuerde, dann hiesse das, dass die

hier vorgestellten Ergebnisse der Erythrocyten-Filtration fuer die Vegetarier-Gruppe falsch hohe Werte haben. Somit koennte ihre Filterabilitaet tatsaechlich besser als die der Kontrollgruppe sein und unter Umstaenden sogar Signifikanzniveau erreichen.

Das Ausmass der Erythrocyten-Aggregation haengt von der Konzentration der Plasmaproteine ab [13]. Obwohl diese (Gesamt-Eiweiss, Fibrinogen) bei den vegetarischen Probanden im niederen Normbereich liegen, zeigt die Aggregationsbestimmung in der vorliegenden Untersuchung kein guenstigeres Resultat im Vergleich zu den nicht-vegetarischen Probanden. Dies ist erstaunlich, koennte aber im Wesentlichen auf die Methode zurueckzufuehren sein (siehe 4.3.4.), die in diesem Bereich (35%-45%) sehr Haematokrit-abhaengig ist. Da dieser bei den Kontrollen hoeher als bei den Vegetariern ist, ergibt die Aggregationsmessung bei den Nicht-Vegetariern falsch niedrige Werte. Fuer den niedrigeren Haematokritbereich der Vegetarier jedoch resultieren falsch hohe Aggregationswerte. Wuerde man also den Haematokrit-Effekt in der Erythrocyten-Aggregations-Messung beruecksichtigen, so wuerden dann die

Ergebnisse besser zum haemorheologischen Vorteil der Vegetarier passen.

Bei Durchsicht der Laborergebnisse der Vegetarier fallen die relativ niedere Zahl der Thrombocyten und Leukocyten neben dem niederen Haematokrit und den mustergueltigen Lipidwerten auf. Dies koennte man als Ausdruck des anerkannt, generell guten Gesundheitszustandes von Vegetariern werten[10,162]. Sie entwickeln nicht so oft Gallensteine und leiden weniger haeufig an Divertikulose, wie epidemiologische Untersuchungen zeigten [9,124]. Auch Carcinome des Gastrointestinal-Traktes treten bei Vegetariern seltener auf [103,122], waehrend Krebsformen der Nieren und des Zentralnerven-Systems sowie Lymphome und Leukaemien genau so oft wie in der Normalbevoelkerung vorkommen. Wesentlich seltener dagegen wird bei vegetarischen Frauen Brustkrebs diagnostiziert [66].

Doch die Schlussfolgerung, vegetarische Ernaehrung allein schuetze vor einer Reihe von Krankheiten, in erster Linie Zivilisationserkrankungen aus dem kardiovaskulaeren Bereich, geht zu weit. Vegetarisch lebende Individuen unterscheiden sich in ihrem gesamten Lebensstil in wesentlichen Bereichen von der

uebrigen Population. Diese alle leisten ihren Beitrag zum geringeren Morbiditaetsrisiko von Vegetariern. So ist es plausibel, dies als das Ergebnis eines Synergismus von verschiedenen Teilfaktoren zu interpretieren. Die Frage, ob ein vegetarischer Lebensstil denn auch Einfluss auf die Blutfluiditaet habe, kann anhand der Resultate dieser vorliegenden Untersuchung eindeutig bejaht werden. Es ist dabei nicht der Effekt untersucht worden, den der Verzehr von (mehr oder weniger) tierischem Eiweiss auf die Fliess-Eigenschaften des Blutes hat, sondern vielmehr der Einfluss der gesamten Lebensumstaende (die jedoch kaum zu quantifizieren sind) von Vegetariern auf ihre Blutrheologie.

Was bewegt Menschen, fuer sich den von der herkoemmlichen westlichen Tradition so verschiedenen vegetarischen Ernaehrungs- und Lebensstil zu waehlen? Ist vielleicht diese Wahl auf dem Hintergrund einer veraenderten Psyche zu sehen? Dazu ein Zitat von ERICH FROMM: "Leugnen durch Ueberkompensieren ist ... sehr haeufig. Als Beispiele koennte man ... Vegetarier anfuehren, die destruktive Impulse verdraengen ..." [64]. Andere Psychoanalytiker versuchten, mit Hilfe psychometrischer Tests [25]

psychologische und kognitive Charakteristika von Vegetariern festzustellen oder in Falldarstellungen [63] die Aetiologie des Vegetarismus zu beschreiben. Eine Ursache-Wirkung-Beziehung (im Sinne von "Fleischessen macht aggressiv, weniger Fleischessen macht weniger aggressiv") konnte bisher, obwohl vielfach postuliert, nicht bewiesen werden. Doch soll es nicht Ziel dieser Arbeit sein, tiefenpsychologische Hintergruende des Vegetarismus zu beleuchten, und daher sei es mit dem Hinweis auf interessante Konstellationen genug.

Die Relevanz der Blutfluiditaet von Vegetariern, die "besser als normal" ist, muss auf dem Hintergrund von arteriosklerotischen Gefaessveraenderungen und kardiovaskulaerem Risiko gesehen werden. Moeglicherweise tragen die Blutflieesseigenschaften, die "besser als normal" sind, zu dem geringeren kardiovaskulaeren Risiko von Vegetariern bei. Kuerzlich ist gezeigt worden, dass sowohl Vegetarismus [3] als auch allein die vermehrte Aufnahme von Gemuese bei sonst unveraenderter Nahrungszusammensetzung [99] zu einer Abnahme des kardiovaskulaeren Risikos fuehren. In verschiedenen epidemiologischen Studien ueber Atherosklerose-Risiko

[12,150] wird ein signifikanter Zusammenhang zwischen Haematokrit und kardialer Morbiditaet beziehungsweise Mortalitaet gefunden. Initial hohe Haematokritwerte gehen mit einem etwa doppelt so grossen kardialen Risiko einher wie niedrige. Ein zweiter haemorheologisch relevanter Parameter, Fibrinogen, wird ebenfalls als signifikanter Praediktor fuer die Inzidenz von Herzinfarkten identifiziert. In einer der Studien [178] ist ein hoher Fibrinogenspiegel sogar aussagekraeftiger fuer die Vorhersage von Myokard- und Hirninfarkten als Blutdruck, Rauchen und selbst Cholesterin. Alle diese Befunde legen nahe, haemorheologisch guenstige Messwerte als Indikatoren fuer niedriges kardiovaskulaeres Risiko zu sehen. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung an Vegetariern unterstuetzen diese Hypothese.

Es laesst sich sagen, dass die vorgestellten Resultate weitere Forschung in dieser Richtung rechtfertigen wuerden. Insbesondere intraindividuelle Aenderungen der Blutfluiditaet als Folge einer vegetarischen Ernaehrungsumstellung bei sonst gleichbleibender Lebensweise (soweit dies ueberhaupt moeglich sein kann) waeren von Interesse, um kurz- und laengerfristige Effekte zu studieren und zu

unterscheiden. Doch haette es den Rahmen dieser Arbeit gesprengt, einer solchen Fragestellung nachzugehen. Wenn man die Assoziation zwischen geringerem kardiovaskulaerem Risiko, besserer Blutrheologie und Vegetarismus weiterdenkt, koennen sich interessante Konsequenzen ergeben. So scheint es nicht abwegig, eine vegetarische Diaet - und die damit verbundene Lebensweise - nicht nur praeventiv, sondern auch therapeutisch bei bereits bestehenden Gefaessveraenderungen zu erwaegen. Es muss jedoch spaeteren Untersuchungen ueberlassen bleiben, die Effektivitaet solcher einfachen, fuer das Individuum allerdings weitreichenden Empfehlungen zu ueberpruefen.

7. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit werden Auswirkungen eines vegetarischen Lebensstiles auf die Fluiditaet des Blutes untersucht. Zu diesem Zwecke wird eine Gruppe von 48 Vegetariern einer bezueglich Alter, Geschlecht und Rauchgewohnheiten vergleichbaren Gruppe von 42 Nicht-Vegetariern gegenuebergestellt. Dies ist deshalb von besonderem Interesse, weil Vegetarier ein geringeres kardiovaskulaeres Risiko besitzen und alle kardiovaskulaeren Risikofaktoren mit einer schlechteren Blutrheologie belastet sind. Die Ergebnisse belegen, dass bei Vegetariern die Blutviskositaet im mittleren Schubspannungsbereich signifikant niedriger ist als bei der Kontrollgruppe, waehrend sie im niederen und hohen Schubspannungsbereich keine Unterschiede zeigt. Dass dies nicht allein ein Haematokriteffekt ist, stellt sich nach Umrechnung auf einen Standardhaematokrit heraus. Bei den maennlichen Vegetariern sind die Haematokritwerte signifikant niedriger als die der Maenner der Kontrollgruppe, waehrend die weiblichen Probanden der Kontrollgruppe nicht signifikant hoeher liegen als Vegetarierinnen. Auch die

Plasmaviskosität liegt bei der Vegetariergruppe signifikant niedriger als die der Kontrollgruppe. Für die Erythrocyten-Flexibilität und -Aggregation sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vergleichs-gruppen festzustellen. Es lässt sich also sagen, Vegetarier haben Blutflüsseigenschaften, die "besser als normal" sind.

Neben diesen hämorrheologischen Ergebnissen werden bei den vegetarischen Probanden eine Reihe von Nebenfunden erhoben, die grösstenteils bereits in der Literatur beschrieben sind. Dies gilt insbesondere für körperliche Aktivität, Gewicht, Blutdruck, Cholesterin- und Triglyceridspiegel und andere Laborparameter. Sie alle liegen bei Vegetariern im - vom kardiovaskulären Standpunkt aus - günstigen Bereich. Eine Hypoproteinaemie kann für keine Versuchsperson nachgewiesen werden, ebensowenig eine Hypocalcaemie. Bei der bekannten kritischen Versorgung mit Eisen (bei Veganern zusätzlich Vitamin B12) ergeben sich hin und wieder Werte im unteren Normbereich, jedoch ohne klinisch-morphologisches Korrelat.

Für all die angeführten Veränderungen sind möglicherweise komplexe Unterschiede der

Lebensgewohnheiten, abgesehen von der Nahrungszufuhr - hier zusammenfassend als vegetarischer Lebensstil bezeichnet - verantwortlich zu machen, da Vegetarier sich von der Normalbevoelkerung nicht nur durch ihren Speisezettel unterscheiden. Im Durchschnitt, so nehmen heute die meisten Experten an, rauchen sie weniger (dem hier durch Angleichen der Kontrollgruppe Rechnung getragen wurde), trinken weniger Alkohol, sind koerperlich aktiver, beschaeftigen sich bewusster mit ihrem koerper und ihrer Gesundheit und moegen eine andere Persoenlichkeitsstruktur aufweisen. Alle diese Faktoren tragen vermutlich dazu bei, dass bei Vegetariern die Blutfliesseigenschaften aehnlich wie die kardiovaskulaeren Risikofaktoren "besser als normal" sind. Eine genauere Erklaerung dieses Phaenomens kann die vorliegende Arbeit nicht liefern, wohl aber auf Zusammenhaenge hinweisen.

8. SUMMARY

In this paper the effects of a vegetarian life-style on blood fluidity are examined. A group of 48 vegetarians is compared to a sex- and age-matched group of 42 omnivores with similar smoking habits. This is of interest insofar as vegetarians have a lower cardiovascular risk and cardiovascular risk factors are related to a decreased blood viscosity. The hemorheological results show that blood viscosity in vegetarians is significantly lower at medium shear stresses than in controls, whereas there are no differences in viscosity at low and high shear stresses. This is not hematocrit dependent, as is demonstrated after hematocrit standardization. The hematocrit values of male vegetarians are significantly lower than those of the male controls, whereas the female controls are not significantly higher than the female vegetarians. Plasma viscosity in the vegetarians is also significantly below that of the control group. For erythrocyte-flexibility and -aggregation there are no differences to be seen between the two groups. One could say that

vegetarians have blood flow properties which are "better than normal".

Besides these hemorheological results several other findings are made which have already been described in the literature. This is especially true for physical exercise, body weight, blood pressure, cholesterol and other laboratory parameters. In vegetarians these are all in the favorable range. Neither hypoproteinemia nor hypocalcemia are found in any test person. The well-known critical iron supply (in vegans, additionally vitamin B12) results occasionally in values which are just within the normal range, however without any clinical signs of deficiency. It is possible that the so-called vegetarian life-style, which exceeds solely dietary habits, is responsible for these changes, since vegetarians differ from the normal population not only in their eating patterns. Today most experts assume that they smoke less, drink less alcohol, do more physical exercise, are more concerned about their bodies and health and may even have a different personality. Probably all these factors contribute to the fact that blood flow properties as well as cardiovascular risk factors are "better than normal"

in vegetarians. A more exact explanation of this phenomenon cannot be given in this paper but possible correlations are suggested.

..

9. LITERATUR

1. Albert M.J., Mathan V.J., Baker S.J., Vitamin B₁₂ synthesis by human small intestinal bacteria, *Nature*, 283, 781-82, 1980
2. Armstrong B.K., Merwyk A.J.van, Coates H., Blood pressure in Seventh-Day Adventist vegetarians, *Am. J. Epidemiol.*, 105, 444-449, 1977
3. Arntzenius A.C., Kromhout D., Barth J.D. et al., Diet, lipoproteins and the progression of coronary atherosclerosis. The Leiden Intervention Trial, *N. Engl. J. Med.*, 312, 805, 1985
4. Barbee J.H., Cokelet G.R., The Fahraeus effect, *Microvasc. Res.*, 3, 6-16, 1971
5. Bingham E.C., Roepke R.R., The rheology of blood, III. *J. gen. Physiol.*, 28, 79-93, 1944
6. Boettiger L.E., Carisot L.A., Ekelund L.G., Raised erythrocyte sedimentation rate in asymptomatic hyperlipidaemia, *Brit. Med. J.*, 2, 681-86, 1979
7. Boss N., Chmiel H., Kachel V., Ruhenstroth-Bauer G., Erythrozytenaggregation bei Nichtrauchern, Rauchern und Herzinfarktpatienten, *Blut*, 27, 191-95, 1973
8. Boss N., Koenig S., Ruhenstroth-Bauer G., Die Erythrozytenaggregation bei Menschen mit Risikofaktoren eines Herzinfarkts, *Klin. Wschr.*, 53, 385-9, 1975
9. Burkitt D.P., Walker A.R.P., Painter N.S., Dietary fiber and disease, *JAMA*, 229, 1068-74, 1974

10. Burr M.L., Sweetnam P.M., Vegetarianism, dietary fiber and mortality, *Am. J. Clin. Nutr.*, 36, 873-7, 1982
11. Burslem J., Schonfeld G., Howald M., Weidmann S.W., Miller J., Plasma apoprotein and lipoprotein lipid levels in vegetarians, *Metabolism*, 27, 711-9, 1978
12. Caro C.G., Pedley T.J., Schroter R.C., Seed W.A., *The mechanics of the circulation*, Oxford University Press, New York, 1978
13. Carroll K.K., Hamilton R.M.G., Nutritional perspectives and atherosclerosis. Effects of dietary protein and carbohydrate on plasma cholesterol levels in relation to atherosclerosis, *J. Food Sci.*, 40, 18-23, 1975
14. Carroll K.K., Dietary protein in relation to plasma cholesterol levels and atherosclerosis, *Nutr. Rev.*, 36, 1-5, 1978
15. Carter C., McGee D., Reed D., Yano K., Stemmermann G., Hematocrit and the risk of coronary heart disease. The Honolulu Heart Program, *Am. Heart J.*, 105, 674, 1983
16. Charm S.E., Paz H., Kurland G.S., Reduced plasma viscosity among joggers compared with non-joggers, *Biorheology*, 16, 185, 1979
17. Charm S.E., Kurland G.S., Blood and plasma viscosity and exercise, *Viscositas*, 2, 1, 1980
18. Chetty N., Bradlow B.A., The effects of a vegetarian diet on platelet function and fatty acids, *Thromb. Res.*, 30, 619-24, 1983
19. Chien S., Usami S., Taylor H.M., Lundberg J.L., Gregersen M.J., Effects of hematocrit and plasma proteins on human blood rheology at low shear rates, *J. Appl. Physiol.*, 21, 81-7, 1966

20. Chien S., Shear dependence of effective cell volume as a determinant of blood viscosity, *Science*, 165, 281-91, 1969
21. Chien S., Biophysical behaviour of red cells in suspension, in: *The red blood cell*, Vol.II, Academic Press, San Francisco, 1975
22. Chmiel H., New experimental results in hemorheology, *Biorheology*, 11, 87-96, 1974
23. Chmiel H., A new capillary viscometer for clinical use, *Biorheology*, 12, 301-7, 1975
24. Cloarec M., Graisely B., Quemada D., Colas-Belcour J.F., Debray J., Etude des anomalies hematologiques et de la viscosite sanguine chez les grands fumeurs, *J. Maladies Vasculaires*, 4, 19-22, 1979
25. Cooper C.K., Wise T.N., Mann L.S., Psychological and cognitive characteristics of vegetarians, 26, 521, 1985
26. Copley A.L., The rheology of blood. A survey, *J. Colloid. Sci.*, 7, 323-33, 1952
27. Davenport P., Roath S., A variable shear stress viscometer, *Clin. Hemorheol.*, 2, 280, 1982
28. Davis, Deer, Warburton, *J. Sci. Instr.*, 1, 933-6, 1968
29. Deutsche Gesellschaft fuer Ernaehrung, Ernaehrungsbericht 1984, Frankfurt, Juni 1984

30. Dickerson J.W.T., Sanders T.A.B., Ellis F.R., The effect of a vegetarian and vegan diet on plasma and erythrocyte lipids, Qual. Plant., 29, 85-94, 1979
31. Dintenfass L., Bauer G.E., Dynamic blood coagulation and viscosity and degradation of artificial thrombi in patients with hypertension, Cardiovasc. Res., 4, 50-60, 1970
32. Dintenfass L., Blood microrheology - viscosity factors in blood flow, ischemia and thrombosis, Appleton, New York, 1971
33. Dintenfass L., Elevation of blood viscosity, aggregation of cells, hematocrit values and fibrinogen levels in cigarette smokers, Med. J. Austr., 1, 617-20, 1975
34. Dintenfass L., Blood viscosity factors in severe non-diabetic and diabetic diseases, Cardiovasc. Med., 2, 337-54, 1977
35. Ditzel J., The nature of the intravascular erythrocyte aggregation in diseases with particular reference to diabetes mellitus, Acta med. Scand., 152, 372-6, 1955
36. Ditzel J., Whole-blood viscosity and related components in diabetes mellitus, Dan. med. Bull., 15, 49-53, 1968
37. Dodds A.J., O'Reilly M.J.G., Yates C.J.P., Cotton L.T., Flute P.T., Dormandy J.A., Haemorheological response to plasma exchange in Raynaud's syndrome, Brit. Med. J., 2, 1186-7, 1979
38. Dong A., Scott S.C., Serum vitamin B₁₂ and blood cell values in vegetarians, Annals of Nutrition and Metabolism, 26, 209-16, 1982
39. Dormandy J.A., Blood viscosity and red cell deformability, in: Methods in angiology, Marc Verstraete(ed.), M.Nijhoff, Den Haag, 1980

40. Dormandy J.A., Clinical significance of blood viscosity, Ann. Roy. Coll. Surg. Engl., 47, 211-28, 1970
41. Dormandy J.A., Yates C.J.P., Berent G.A., Clinical relevance of blood viscosity and red cell deformability including newer therapeutic aspects, Angiology, 32, 236-42, 1981
42. Dormandy J.A., Matrai A., Assessment of pharmacological agents with a hemorheological action, in: Surface Phenomena in Hemorheology, New York Academy of Sciences, 23, 1983
43. Eckenberger H.P., Veraenderungen der Fliessfaehigkeit des Blutes unter psychisch-emotionaler und physischer Belastung (Stress), in: Mueller-Wiefel H., Barras J.P., Ehringer H., Krueger M. (Eds), Mikrozirkulation und Blutrheologie, Witzstrock, Baden-Baden, 115, 1980
44. Ehrly A.M., Landgraf H., Hessler J., Saeger-Lorenz K., Influence of a video-film induced emotional stress on the flow properties of blood, Clin. Hemorheol., 3, 254, 1983
45. Einstein A., Ann. Phys., 2, 301, 1906
46. Einstein A., Ann. Phys., 19, 289, 1906
47. Ellis F.R., Mumford P., The nutritional status of vegans and vegetarians, Proc. Nutr. Soc., 26, 205-11, 1967
48. Ernst E., Das neue Deer-Viskosimeter, Aerztl. Labor, 1, 21-2, 1982
49. Ernst E., Zur messtechnischen Erfassung der Blutviskosität, Laborpraxis in der Medizin, November 1982
50. Ernst E., Matrai A., Rotationsviskosimeter in der Haemorheologie, Aerztl. Labor, 28, 33-8, 1982

51. Ernst E., Matrai A., Dormandy J.A., Shear dependence of blood coagulation, Clin. Hemorheol., 4, 395-9, 1984
52. Ernst E., Roloff Ch., Magyarosy J., Drexel H., Influence of anticoagulant, time and storing temperature on blood viscosity measurements, Clin. Hemorheol., 4, 419-22, 1984
53. Ernst E., Baumann M., Matrai A., Prolonged psychoemotional stress decreases blood fluidity, Clin. Hemorheol., 4, 423-9, 1984
54. Ernst E., Magyarosy J., Roloff Ch., Drexel H., A simple new method for measuring red cell aggregation, Biorheology, Suppl.1, 217-9, 1984
55. Ernst E., Erythrozytenaggregation statt BKS?, Labor-Praxis in der Medizin, April 1984
56. Ernst E., Matrai A., Haemorheologie und kardiovaskulaere Risikofaktoren - wenig beachtete Assoziationen, Herz/Kreislauf, 4, 165-72, 1984
57. Ernst E., Matrai A., Blutrheologie als Risikoindikator kardiovaskulaerer Erkrankungen, Dtsch. Med. Wschr., 24, 967- 70, 1985
58. Ernst E., Schmid M., Verbesserung der Blutfluiditaet durch intensives koerperliches Training, Fortschr. Med., 43, 31-6, 1984
59. Ernst E., Haemorheologie: Methodische, klinische und therapeutische Aspekte unter Beruecksichtigung der Physikalischen Medizin, Med. Habil., LMU Muenchen, 1985
60. Fabiano J., Uthmann A., The reliability of the microhematocrit as a diagnostic screening test in the dental office, Ann. dent., 37, 75-7, 1978

61. Fahraeus R., The suspension stability of the blood , Acta Med. Scand., 55, 1, 1921
62. Fahraeus R., Lindquist T., The viscosity of the blood in narrow capillary tubes, Am. J. Physiol., 96, 562-8, 1931
63. Friedman S., On vegetarianism, J. Am. Psychoanal. Assoc., 23, 396-406, 1975
64. Fromm E., Haben oder sein - Die seelischen Grundlagen einer neuen Gesellschaft, Deutscher Taschenbuch-Verlag, Muenchen, 1976
65. Gear J.S., Mann J.I., Thorogood M., Carter R., Jelfs R., Biochemical and haematological variables in vegetarians, Brit. Med. J., 1415, June 1980
66. Goldin B.R., Adlercrentz H., Gorbach S.L., Warram J.H., Dwyer J.T., Swenson L., Woods M.N., Estrogen excretion patterns and plasma levels in vegetarian and omnivorous women, New Engl. J. Med., 307, 1542-7, 1982
67. Goodloe M.H., The association of dietary factors and coronary heart disease in Trappist and Benedictine monks, (Manuskript), Georgia Department of Public Health, Atlanta/ Georgia/ USA, zit. nach Waldner H.G., Vegetarismus Pro und Contra, Diss. 1969
68. Gries F.A., Berchtold P., Berger M., Adipositas - Pathophysiologie, Klinik und Therapie, Springer, Berlin, 1976
69. Guggenheim K., Weiss Y., Fostick W., Composition and nutritive values of diets consumed by strict vegetarians, Brit. J. Nutr., 16, 467-74, 1962
70. Hagen G., Ann. Phys., 46, 413, 1839
71. Haines A.P., Chakrabarti R., Fisher D., Meade T.W., North W.R.S.,

- Stirling Y., Haemostatic variables in vegetarians and non-vegetarians, *Thromb. Res.*, 19, 139-48, 1980
72. Hardinge M.G., Stare F.J., Nutritional studies of vegetarians, (II. Dietary and serum levels of cholesterol levels), *Am. J. Clin. Nutr.*, 2, 83-8, 1954
 73. Hardinge M.G., Crooks H., Stare F.J., Nutritional studies of vegetarians, (IV. Dietary fatty acids and serum cholesterol levels), *Am. J. Clin. Nutr.*, 10, 516-24, 1962
 74. Hardinge M.G., Crooks H., Non-flesh dietaries, (1. Historical background), *J. Am. Diet. Ass.*, 43, 545-9, 1963
 75. Hardinge M.G., Crooks H., Non-flesh dietaries, (2. Scientific literature), *J. Am. Diet. Ass.*, 43, 550-8, 1963
 76. Hardinge M.G., Crooks H., Non-flesh dietaries, (3. Adequate and inadequate), *J. Am. Diet. Ass.*, 45, 537-42, 1964
 77. Harkness J., Whittington R.B., Variations of Human Plasma and Serum Viscosities with their Protein Content, *Bibl. Anat.*, 9, 226-31, 1967
 78. Harkness J., A New Instrument for the Measurement of Plasma Viscosity, *Lancet*, 2, 280-1, 1963
 79. Harkness J., The Viscosity of Human Blood Plasma: Its Measurement in Health and Disease, *Biorheology*, 8, 171-93, 1971
 80. Hess R.W., Gehorcht das Blut dem allgemeinen Stroemungsgesetz der Fluessigkeiten?, *Pfueg. Arch. ges. Physiol.*, 162, 187-244, 1915
 81. Hirschberg R., Rottka H., Herrath D.v., Pauls A., Schaefer K., Effect of an acute protein load on the creatinine clearance in

healthy vegetarians, *Klin. Wschr.*, 63, 217-20, 1985

82. Hissen W., Swank R.L., Screen filtration pressure and pulmonary hypertension, *Am. J. Physiol.*, 209, 715-21, 1965
83. Hoerster K.W., Ueber die Wirkung von Blattgemuese als Nahrungs-N-Traeger auf die Lage der Harnquotienten C:N und Vacat O:N am Beispiel des Gruenkohls mit einer Einleitung ueber den Vegetarismus an der Antike, *Med. Diss.*, Berlin, 1938
84. Immermann A.M., Vitamin B12 status on a vegetarian diet, *World Rev. Nutr. Diet.*, 37, 38-54, 1981
85. Jathar V.S., Inamdar-Deshmukh A.B., Erythrocyte vitamin B12 activity in lactovegetarian pregnant Indian women, *Acta haematologica*, 65, 153-6, 1981
86. Jenkins R.R., Health implications of the vegetarian diet, *J. Am. Coll. Health*, 24, 68-71, 1975
87. Juhan I., Durand F., Hanss C., Sampol J., Calas M.J., Etude de la deformabilite des hematies chez les diabetiques, *Marseille Medical*, 155, 21-3, 1978
88. Jung F., Roggenkamp H.G., Schneider R., Kieseewetter H., Das Kapillarschlauch-Plasmaviskosimeter. Ein neues Messgeraet zur Quantifizierung der Blutplasmaviskositaet, *Biomed. Technik*, 28, 249-52, 1983
89. Kannel W.B., Castelli T., Gordon T., McNamara P., Serum cholesterol, lipoproteins and the risk of coronary heart disease. The Framingham Study, *Ann. Intern. Med.*, 74, 1, 1971
90. Kannel W.B., Gordon P.A., Wolf P., McNamara P., Hemoglobin and the risk of cerebral infarction. The Framingham Study,

Stroke, 3, 409, 1972

91. Kasper H., Ernährungsmedizin und Diätetik, Urban & Schwarzenberg, 1985
92. Kay R.M., Judd P.A., Truswell A.S., The effect of pectin on serum cholesterol, *Am. J. Clin. Nutr.*, 31, 562-3, 1978
93. Keyes A., Anderson J., Grande F., Serum cholesterol response to changes in the diet, (II. The effect of cholesterol in the diet), *Metabolism*, 14, 747-58, 1965
94. Kieseewetter H., Radtke H., Schneider R., Mussler K., Scheffler A., Schmid-Schoenbein H., Das Mini-Erythrozyten-Aggregometer: Ein neues Geraet zur schnellen Quantifizierung des Ausmasses der Erythrozyten-Aggregation, *Biomed. Technik*, 27, 209-13, 1982
95. Kieseewetter H., Kotitschke G., Schmid-Schoenbein H., Yield stress measurements in red cell suspensions, *Europ. J. Physiol. Suppl.*, 373, R23, 1978
96. Klose H.J., Volger E., Brechtelsbauer H., Heinrich L., Schmid-Schoenbein H., Microrheology and light transmission of blood. I. The photometric quantification of red cell aggregation and red cell orientation, *Pflug. Arch.*, 333, 126-9, 1972
97. Knuiman J.T., West C.E., The concentration of cholesterol in serum and in various serum lipoproteins in macrobiotic, vegetarian and non-vegetarian men and boys, *Atherosclerosis*, 43, 71-82, 1982
98. Koerber K.V., Maennle T., Leitzmann C., Vollwert-Ernährung, Karl F. Haug Verlag, Heidelberg, 1981
99. Kushi L.H., Lew R.A., Stare F.J., Diet and 20 year mortality from coronary heart disease. The Ireland-Boston Diet Heart Study, *N. Engl. J. Med.*, 312, 811, 1985

100. La Celle P.L., Alterations of deformability of the erythrocyte membrane in stored blood, *Transfusion*, 9, 238, 1969
101. Langer L. Bergentz S.E., Bjure J., Fagerberg S.E., The effect of exercise on haematocrit, plasma volume and viscosity in diabetes mellitus, *Diabetologia*, 7, 29-33, 1971
102. Le Blond P.F., La Celle P.L., Weed R.I., Cellular deformability: a possible determinant of the normal release of maturing erythrocytes from the bone marrow, *Blood*, 37, 40, 1971
103. Lemon F.R., Walden R.T., Woods R.W., Cancer of the lung and mouth in Seventh-day Adventists, *Cancer*, 17, 486097, 1964
104. Lemon F.R., Walden R.T., Death from respiratory system disease among Seventh-day Adventists men, *JAMA*, 198, 117-26, 1966
105. Leonhardt H., Arntz H.R., Zusammenhaenge zwischen kardiovaskulaeren Risikofaktoren und der Blutviskositat unter besonderer Beruecksichtigung der Hyperlipoproteinaemien, *Rheol. Acta*, 16, 368, 1977
106. Letcher R.L., et al., Effects of exercise on plasma viscosity in athletes and sedentary normal subjects, *Clin. Cardiol.*, 4, 172, 1982
107. Lichtman M.A., Rheology of leukocytes, leukocyte suspensions and blood in leukemia, *J. Clin. Invest.*, 52, 113, 1973
108. Liebman M., Bazarre T.L., Plasma lipids of vegetarian and non-vegetarian males: effects of egg consumption, *Am. J. Clin. Nutr.*, 38, 612-9, 1983
109. Margetts B.M., Beilin L.J., Armstrong B.K., Vandongen R., Dietary fiber and blood pressure, *J. Hypertens.* (submitted 1985)

110. Margetts B.M., Beilin L.J., Armstrong B.K., Vandongen R.,
A randomized control trial of a vegetarian diet in the treatment
of mild hypertension, Clin. Exp. Pharm. Physiol., 12, 263-6, 1985
111. Matrai A., Ernst E., Flute P.T., Dormandy J.A., Blood filterability
in peripheral vascular disease - red cell deformability or cell
sticking?, Clin. Hemorheol., 4, 311-25, 1984
112. Matrai A., Bogar L., Flute P.T., Dormandy J.A., Comparison of
four blood filtration techniques, Clin. Hemorheol. 4, 513-23,
1984
113. Matrai A., Whittington R.B., Ernst E., Correction of blood
viscosities to standard hematocrit: a simple new method, Proc.
4th Europ. Conf. Clin. Hemorheol., 1985
114. McMillan D.E., Disturbance of serum viscosity in diabetes mellitus,
J. Clin. Invest., 53, 1071-9, 1974
115. McMillan D.E., Utterback N.G., La Puma J., Reduced erythrocyte
deformability in diabetes, Diabetes, 27, 895-901, 1978
116. Meiselman H.J., Rheology of shape-transformed human cells,
Biorheology, 15, 225037, 1978
117. Messmer K., Lewis D.H., Sunder-Plassmann L., Kloevekorn W.P.,
Mendler N., Holper K., Acute normovolemic hemodilution changes
of central hemodynamics and microcirculatory flow in skeletal
muscle, Europ. Surg. Res., 4, 55-70, 1972
118. Oliver M.F., Does control of risk factors prevent coronary heart
disease?, Brit. Med. J., 285, 1065, 1982
119. Ozanne P., Francis R.B., Meiselman H.J., Red blood cell
aggregation in nephrotic syndrome, Kidney Int., 23, 519-25, 1983

120. Palareti G., et al., Haemorheological parameters in essential hypertensive treatment, Clin. Hemorheol., 5, 6, 1981
121. Passmore R., Stores in the human body, in: Brozek J. (ed.), Human Body Composition, Pergamon Press Oxford, 1965
122. Phillips R.L., Role of life-style and dietary habits in risk of cancer among Seventh-day Adventists, Cancer Res., 35, 3513-22, 1975
123. Phillips R.L., Lemon F.R., Beeson W.L., Kuzma J.W., Coronary heart disease mortality among Seventh-day Adventists with differing dietary habits: a preliminary report, Am. J. Clin. Nutr., 31, 191-8, 1978
124. Pixley F., Wilson D., McPherson K., Mann J., Effect of vegetarianism on development of gall stones in women, Brit. Med. J., 291, 11-2, 1985
125. Poiseuille J.L.M., Ann. Clin. Physique, 3, 36, 1842
126. Poiseuille J.L.M., Recherches experimentales sur le mouvement des liquides dans les tubes de tres petits diametres, Mem. Savant Etrangers, 9, 433-544, 1846
127. Poiseuille J.L.M., Recherche sur les causes du mouvement du sang dans les vaisseaux capillaires, Acad. Sciences, Seance public 28 Dec. 1835, Tome VIII des Savants etrangers, Paris, Impr. Roy. 1839
128. Reid H.L., Barnes A.J., Lock P.J., Dormandy J.A., Dormandy T.L., A simple method for measuring erythrocyte deformability, J. Clin. Pathol., 29, 855-8, 1976
129. Roggenkamp H.G., Jung F., Kieseewetter H., Ein Geraet zur elektri-

schen Messung der Verformbarkeit von Erythrozyten, Biomed. Technik, 28, 100, 1983 .

130. Rottka H., Pieper R., Schaefer K., Herath D.v., Hirsch F.W., Mueller B., Calciummangel in Europa, in: Schlierf G., Wolfram G. (Hrsg.), Mangelernaehrung in Mitteleuropa, Wiss. Kongress der OEGE, SGE und DGE 1981, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1982
131. Rottka H., Thefeld W., Gesundheit und vegetarische Ernaehrungsweise, Akt. Ernaehrung, 9, 209-16, 1984
132. Rouse I.L., Armstrong B.K., Beilin L.J., The relationship of blood pressure to diet and life-style in two religious populations, J. Hypertens., 1, 65-71, 1983
133. Rouse I.L., Beilin L.J., Armstrong B.K., Vandongen R., Blood-pressure-lowering effect of a vegetarian diet: controlled trial in normotensive subjects, Lancet, 8, 5-9, 1983
134. Rouse I.L., Beilin L.J., Vegetarian diet and blood pressure, J. Hypertens., 2, 231-40, 1984
135. Sacks F.M., Rosner B., Kass E., Blood pressure in vegetarians, Am. J. Epidemiol., 100, 390-8, 1974
136. Sacks F.M., Donner A., Castelli W.P., Gronemeyer J., Pletka P., Margolius H.S., Landbergs L., Kass E.H., Effect of ingestion of meat on plasma cholesterol of vegetarians, JAMA, 246, 6, 640-4, 1981
137. Sacks F.M., Ornish D., Rosner B., McLanahan S., Castelli W.P., Kass E.H., Plasma Lipoprotein Levels in Vegetarians - The effect of ingestion of fats from dairy products, JAMA, 10, 1337-41, 1985

138. Scott-Blair G.W., History of Rheology, Clin. Hemorheol., 1, 445, 1981
139. Schettler G., Diehm C., Primaere and sekundaere Praevention der koronaren Herzkrankheit. Empfehlungen der Titisee-Konferenz der Internationalen Society and Federation of Cardiology, Dtsch. Aerztebl., 81, 437, 1984
140. Schlierf G., Ernaehrung, Arteriosklerose and koronare Herzkrankheit, Dtsch. Aerztebl., 17, 1365-72, 198-
141. Schmid-Schoenbein H., Volger E., Klose H.J., Microrheology and light transmission of blood - II. The photometric quantification of red cell aggregate formation and dispersion in flow, Plueg. Arch., 333, 140-55, 1972
142. Schmid-Schoenbein H., Gosen J.v., Heinich L., Klose H.J., Volger E., A counter-rotating "rheoscope chamber" for the study of the microrheology of blood cell aggregation by microscopic observation and microphotometry, Microvasc. Res., 6, 366, 1973
143. Schmid-Schoenbein H., Erythrocyte Rheology and the Optimization of Mass Transportation in the Microcirculation, Blood Cells, 1, 285, 1975
144. Schmid-Schoenbein H., Gallasch G., Gosen J.v., Volger E., Klose H.J., Red Cell Aggregation in Blood Flow, II. Effect on Apparent Viscosity of Blood, Klin. Wschr., 54, 159-67, 1976
145. Schmid-Schoenbein H., Gallasch G., Gosen J.v., Volger E., Klose H.J., Red Cell Aggregation in Blood Flow, I. New Methods of Quantification, Klin. Wschr., 54, 149-57, 1976
146. Sirtori G.R., Agradi E., Conti F., Mantero O., Gatti E., Soybean-

- protein diet in the treatment of type II hyperlipoproteinemia, *Lancet*, 1, 275, 1977
147. Skovberg F., Blood viscosity in normal and diabetic subjects. A clinical-hemorheological study, Fagl's Forlag, Kopenhagen, 1974
 148. Slater N.G.P., Vyas J., Lovett D., Pearson T.C., Grimes A.J., Filterability of red cells in iron deficiency, *Clin. Hemorheol.*, 2, 373-81, 1982
 149. Smith E.B., Smith R.H., Early changes in aortic intima, *Atherosclerosis Rev.*, 1, 119, 1976
 150. Sorlie P.D., Garcia-Palmiere M.R., Costas R., Havlik R.J., Hematocrit and the risk of coronary heart disease. The Puerto Rico Heart Health Program, *Am. Heart J.*, 101, 456, 1981
 151. Spinelli F.R., Meier C.D., Measurement of blood viscosity, *Biorheology*, 11, 301-6, 1974
 152. Stamler J., The established relationship among diet, serum cholesterol, coronary heart disease, *Acta Med. Scand.*, 207, 433-46, 1980
 153. Steinberg M.H., Charm S.E., *Blood*, 38, 299, 1971
 154. Stoermer E., Horach B., Kleinachmidt P., Loose D., Bruster H., Fremer K., Blood viscosity in patients with peripheral vascular diseases in the area of low shear rates, *J. Cardiovasc. Surg.*, 15, 577-84, 1974
 155. Stoltz J.F., Cardiovascular diseases, risk factors and hemorheological parameters, *Clin. Hemorheol.*, 3, 257-67, 1981
 156. Stoltz J.F., Lucius M., Viscoelasticity and thixotropy of human

blood, *Biorheology*, 18, 453-73, 1981

157. Stoltz J.F., Gaillard S., Rousselle D., Voisin P., Dronin P.,
Rheological study of blood during primary hyperlipoproteinemia,
Clin. Hemorheol., 1, 1981
158. Stoltz J.F., Dronin P., Gaillard S., Rousselle D., Vera J.C.,
Pointel J.P., Variations de la viscosite sanguine des sujets
diabetiques insulino-dependants equilibres par pancreas
artificiel, *Ann. Biol. Clin.*, 37, 191-4, 1979
159. Tibblin G., et al., Haematocrit, plasma proteins, plasma volume
and viscosity in early hypertensive disease, *Am. Heart J.*, 72,
165, 1966
160. Tillmann W., Schroeter W., Deformability of erythrocytes in iron
deficiency anaemia, *Blut*, 40, 179-86, 1980
161. Turczynski B., et al., Serum viscosity in workers exposed to
mechanical vibration and noise, *Pol. Tyg. Lek.*, 33, 187, 1978
162. Turner R.W.D., Vegan diet and health, *Brit. Med. J.*, March, 613,
1979
163. Usami S., Physiological Significance of Blood Rheology, *Biorheol-
ogy*, 19, 29-46, 1982
164. Vegetarier-Zeitschrift fuer ethische Lebensgestaltung, Vegetaris-
mus und Lebensreform, 5, 185 und 219, 1984
165. Volger E., Experimentelle und klinische Untersuchungen ueber die
Rheologie des Blutes bei kardiovaskulaeren Erkrankungen und deren
Risikofaktoren, *Med. Habil.*, TU Muenchen, 1980
166. Waldner H.G., Vegetarismus - Pro und Contra, *Med. Diss.*, Freiburg,
1979

167. Weber E., Grundriss der biologischen Statistik, G. Fischer, Stuttgart, 1980
168. Wechsler J.G., Kloer H.U., Hutt V., Ditschuneit H., Alkohol und Fettstoffwechsel, Z. Allg. Med. ZFA, 57, 1419, 1981
169. Wechsler J.G., Hutt V., Grathwohl J., Wenzel H., Swobodnik W., Ditschuneit H., Lipide und Lipoproteine bei Adipositas - Einfluss der Gewichtsreduktion, in: Hyperlipoproteinaemie. Pathophysiologie-Diagnostik-Therapie, Kaffarnik H., Schneider J. (Hrg.), Perimed Verlag, Erlangen, 1984
170. Weed R.J., The importance of erythrocyte deformability, Am. J. Med., 49, 147, 1970
171. Weihmayr T., Ernst E., Matrai A., Zimmermann W., Abnorme Blutfluiditaet bei Adipositas, Klin. Wschr., 62, 990, 1984
172. Wells R.E., Denton R., Merrill E.W., Measurement of viscosity of biological fluids by cone-plate viscometer, J. Lab. Clin. Med., 57, 646, 1961
173. Wells R.E.jr., Merrill E.W., Influence of flow properties of blood upon viscosity-hematocrit relationships, J. Clin. Invest., 41, 1591-8, 1962
174. West R.O., Hayes O.B., Diet and serum cholesterol levels - a comparison between vegetarians and non-vegetarians in a Seventh-day Adventist group, Am. J. Clin. Nutr., 21, 853-62, 1968
175. Westergren A., Studies of the suspension stability of the blood in pulmonary tuberculosis, Acta Med. Scand., 54, 274, 1920
176. Whittington R.B., Harkness J., Viscosity-Temperature Variations in Human Blood and Plasma, Biorheology, 5, 252, 1968

177. Whittington R.B., Harkness J., Whole-blood viscosity, as determined by plasma viscosity, hematocrit and shear, *Biorheology*, 19, 175-84, 1982
178. Wilhelmsen L., Svaerdsudd K., Korsan-Bengtzen K., Larsson B., Wellin L., Tibblin G., Fibrinogen as a risk factor for stroke and myocardial infarction, *New Engl. J. Med.*, 311, 501, 1984
179. Zijlstra W.A., Syllektrometry, a new method for studying rouleaux formation of red blood cells, *Acta Phys. Pharm. New.*, 7, 153, 1959

VEGETARIER gesucht !

Es gibt mehrere Hinweise, daß ein vegetarisches Lebensstil dem Risiko vorbeugt, an Arteriosklerose (= Gefäßverkalkung) zu erkranken. Diese kann ja bekanntlich zu so schweren Leiden wie z.B. Bluthochdruck, Schlaganfall, Herzinfarkt, Beinarterienverschlüssen führen. Die Fließeigenschaften des Blutes stehen damit wahrscheinlich in ganz engem Zusammenhang.

Möglicherweise läßt sich nun ein günstiger Effekt einer "vegetarischen Diät" auf die Blutfließeigenschaften in der Untersuchung ermitteln, die ich (Vegetaristin) im Rahmen einer medizinischen Doktorarbeit mache. Daher möchte ich 50 männliche und weibliche Vegetarier finden, die sich zu folgendem bereit erklären:

1. einmalige moorgendliche Nüchternblutabnahme, ^①

2. Messen von Gewicht, Größe, Blutdruck, Puls,

3. Ausfüllen eines Fragebogens zu Lebens-

und Ernährungsgewohnheiten (anonym!).

① über die Ergebnisse der Blutanalysen wird jeder natürlich informiert, wenn er es wünscht!

Wer sich gerne an dieser Untersuchung beteiligen will, der melde sich bitte umgehend bei

Luise Pietsch Tel. 34 93 94 priv. (nicht zw. 17 u. 21 u)

oder

Hämostheologisches Labor Dr. Ernst Tel. 51 60 - 2403

(Tel.-Nr. hinterlassen, damit ich zurückrufen kann!)

DANKSAGUNG

An dieser Stelle moechte ich Herrn Privat-Dozent Dr.med. E. Ernst nicht nur fuer die Ueberlassung des Themas danken, sondern auch fuer die Zeit, die er bereitwillig fuer Diskussion und Gedankenaustausch zur Verfuegung stellte, und das Interesse, das er an meinen Untersuchungen zeigte, indem er immer wieder wertvolle Denkanstoesse sowie Kritik gab und mich -nicht zuletzt- zur Fertigstellung dieser Arbeit entscheidend ermunterte.

Auch bei den Versuchspersonen in Muerichen und Umkreis, die sich fuer diese Arbeit zur Verfuegung stellten, besonders jedoch den Vegetariern, will ich mich hier bedanken. Sie beeindruckten mich mit ihrer Aufgeschlossenheit und kooperativen Haltung, liessen mich an sehr persoennlichen Erfahrungen teilhaben und verschafften mir viele wichtigen Informationen. Ich habe einige gute Freunde gewonnen!

ANMERKUNG

Da diese Arbeit auf einem word-processor in den USA fertiggestellt wurde, der nicht ueber ein deutsches Alphabet (Umlaute, etc.) verfuegte, moege der werthe Leser die ungewoehnliche Orthographie entschuldigen!

LEBENS LAUF

Name: Luise Maria PIETSCH

Geburtsdatum: 28. Januar 1954

Geburtsort: Trostberg/Bayern

Schule: 1960-65 Volksschule Tacherting
1965-74 Annette-Kolb-Gymnasium Traunstein
(neusprachlicher Zweig)
Juni 1974 Reifepruefung

Studium: 1974-84 Studium der Human-Medizin an der
Ludwig-Maximilians-Universitaet Muenchen
August 1976 Aertzliche Vorpruefung
August 1977 Erster Abschnitt der
Aertzlichen Pruefung
August 1980 Zweiter Abschnitt der
Aertzlichen Pruefung
Wintersemester 81/82 und Sommer-
semester 82 Urlaubssemester
Praktisches Jahr (Psychiatrie,
Chirurgie, Innere Medizin)
Mai 1984 Dritter Abschnitt der
Aertzlichen Pruefung
Juni 1984 Approbation

Berufserfahrung:

Oktober 1985 - Januar 1987
Forschungsstipendium am
Department of Physiology and Biophysics,
University of Southern California,
Los Angeles, USA

Kongresse (aktive Teilnahme):

Maerz 1985 - XXIII. Wissenschaftlicher
Kongress der Deutschen Gesellschaft fuer
Ernaehrung (Muenchen)

Juni 1985 - 4th European Conference on
Clinical Hemorheology (Siena)

August 1985 - XII International Congress
of Nutrition (Brighton)

July 1986 - 6th International Congress
of Biorheology (Vancouver)

